

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA,
METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA**

E. A. P. DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**Caracterización mineralógica de los sedimentos
cuaternarios de la plataforma continental del Perú
central**

TESIS

para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo

AUTORA

Ivette Zarela Girón Cabello

Lima-Perú

2009

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), por el apoyo prestado en la elaboración del presente trabajo de Tesis. Al Director de Geología Regional Dr. Víctor Carlotto Caillaux, por haberme seleccionado y brindado las facilidades para desarrollar esta tesis. Al Ing. César Chacaltana Budiel, asesor por parte del Ingemmet, de la presente Tesis por la revisión del manuscrito y recomendaciones. A la Ing. María del Carmen Morales Reyna por sus apreciaciones y observaciones, Asimismo al Sr. Palermo Carrasco Guerrero de la Dirección de Laboratorios por haberme iniciado en la técnica de DRX.

De manera especial, mi agradecimiento al Dr. José Macharé Ordoñez, por la revisión crítica, comentarios y consejos brindados durante el desarrollo del trabajo.

Igualmente, al Dr. Dimitri Gutiérrez, encargado de la Dirección de Investigaciones Oceanográficas del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), quien proporcionó las muestras, al Ing. Federico Velazco Castillo, encargado del Área de Geología Marina y a la Ing. Juana Solís Acosta quien labora en la misma área, ambos por sus enseñanzas en el tratamiento de las muestras y de la metodología de trabajo a aplicar.

Con la presente contribución quiero rendir tributo a mi Alma Mater en cuyo seno labré mi vocación y mi tendencia al presente tema de investigación. En este sentido quiero agradecer a mi asesor Msc. Javier Jacay Huarache Catedrático de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por su revisión y constante aliento.

De igual modo, al Ing. Atilio Mendoza Apolaya, Jefe del Laboratorio de Espectometría de la Universidad Nacional de Ingeniería quien absolvió mis dudas en la interpretación de los análisis de difracción de rayos X.

INDICE

CAPITULO 1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
CAPITULO 2	MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	6
2.1	UBICACIÓN DEL AREA DE TRABAJO	7
2.2	LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL PERU CENTRAL	8
2.2.1	GEOMORFOLOGIA : CANALES Y VALLES	8
2.2.2	DELIMITACION DE CUENCAS	11
2.2.2.1	CUENCA SUBMARINACHANCAY	14
2.2.2.2	CUENCA SUBMARINA MALA	15
2.2.3	MARCO TECTONICO: LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES	16
2.3	MARCO GEOLOGICO REGIONAL	18
2.3.1	CONTEXTO GEOLÓGICO	18
2.3.2	GEOMORFOLOGÍA	18
2.3.3	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	19
CAPITULO 3	MINERALOGIA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL	20
3.1	INTRODUCCION	21
3.1.1	ESTUDIOS PREVIOS	22
3.1.2	PROBLEMA	22
3.1.3	HIPOTESIS	23
3.2	UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS	24
3.3	METODOLOGIA DE TRABAJO	26
3.3.1	MUESTREO DE SEDIMENTOS	26
3.3.2	TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS	27
3.3.3	ANALISIS POR DIFRACTOMETRIA DE RAYOS X	29
3.4	RESULTADOS	32
3.4.1	DISTRUBUCIÓN DE MINERALES EN LA CUENCA SUBMARINA CHANCAY	33
3.4.2	DISTRUBUCIÓN DE MINERALES EN LA CUENCA SUBMARINA MALA	35
3.4.3	RESULTADOS DE MUESTRAS ANTIPODAS EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL	38
3.5	INTERPRETACIÓN	39
3.5.1	MAPAS DE ISOVALORES	41
CAPITULO 4	MINERALOGIA DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES DE LAS ZONAS DE APOORTE	47
4.1	INTRODUCCIÓN	48
4.2	GEOMORFOLOGÍA	48
4.3	ESTRATIGRAFÍA	49
4.4	CARACTERISTICAS DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS	55
4.4.1	CUENCA DEL RÍO CHANCAY	55
4.4.2	CUENCA DEL RÍO CHILLON	56
4.4.3	CUENCA DEL RIO RIMAC	57
4.4.4	CUENCA DEL RIO LURIN	58
4.4.5	CUENCA DEL RIO MALA	59
4.4.6	CUENCA DEL RIO CAÑETE	60
4.4.7	CUENCA DEL RIOMATAGENTE	61
4.4.8	CUENCA DEL RIO PISCO	62

4.5	UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS	63
4.5.1	RELACION DE MUESTRAS	64
4.6	METODOLOGIA DE TRABAJO	64
4.6.1	MUESTREO DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES	65
4.6.2	TRATAMIENTO DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS FLUVIALES	66
4.6.3	METODO DE DICKINSON	66
4.7	RESULTADOS	69
4.7.1	ANALISIS DE DICKINSON	69
4.7.2	ANALISIS POR DIFRACCION DE RAYOS X	78
4.8	CONCLUSIONES	79
	CONCLUSIONES FINALES	80
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	82
	LISTA DE FIGURAS	86
	LISTA DE TABLAS	88
	ANEXOS	89
	ANEXO I ANÁLISIS MINERALÓGICO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS MARINOS.	90
	ANEXO II ANÁLISIS MINERALÓGICO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS MARINOS.-ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES MINERALES EN CADA MUESTRA	99
	ANEXO III DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES MINERALES EN LAS CUENCAS SUBMARINAS CHANCAY Y MALA	112

RESUMEN

Desde la década de 1960 se vienen realizando en la plataforma continental del Perú, diversas investigaciones en sedimentos superficiales referidas a estudios geoquímicos, biogénicos y sedimentológicos; sin embargo, hasta el momento, no se cuentan con estudios que describan la mineralogía de los mismos, siendo necesario desarrollar el tema en esta oportunidad, para la parte central de la plataforma.

Es objeto de este estudio caracterizar mineralógicamente los sedimentos mencionados y evaluar su distribución así como relacionar su presencia con las áreas de aporte. La información batimétrica obtenida, permitió inferir los principales rasgos geomorfológicos condicionantes para su concentración en la zona de estudio así como las estructuras principales que controlan las disposiciones espaciales del fondo.

En este sentido y con el propósito de iniciar estas investigaciones, se realizó el presente estudio contando para ello con las muestras de sedimentos del archivo técnico del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), proponiéndose la determinación mineralógica de los sedimentos limo arcillosos mediante estudios de difracción de rayos X en los laboratorios del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). A todo esto, se añade el análisis sobre la proveniencia de los sedimentos mediante el estudio de los materiales sedimentarios de los principales ríos que desembocan en la región estudiada a fin de determinar las zonas de aportes.

Para ello, de un total de 50 muestras estudiadas y mediante el estudio de difracción de rayos X, se han identificado 58 minerales, 15 de los cuales se encuentran distribuidos en toda la zona de estudio y son: Cuarzo, Albita, Muscovita, Clorita, Augita, Riebeckita, (siendo estos los mas abundantes en toda la plataforma), Rodonita, Cloromagnesita, Rodocrosita, Anortoclasa, Pirita, Yeso, Actinolita, Jarosita y Ortoclasa realizándose la determinación de sus atributos y características. La presencia de estos minerales indican tipos tanto autógenos formados en la misma plataforma como terrígenos, transportados por los ríos.

En cuanto a los sedimentos fluviales, se realizaron análisis por difracción de rayos X, los que arrojaron resultados similares a los sedimentos marinos mientras que los

resultados de los análisis de las muestras de continente permitieron determinar una procedencia de arco disectado de acuerdo a los resultados procesados según el Método de Dickinson.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La zona de estudio se encuentra ubicada en la plataforma continental entre Punta Aguja (frente a la Provincia de Chancay) y San Gallán (frente a la Península de Paracas) con una anchura de 30 a 40 km, alcanzando su máxima extensión en 140 km, frente a la desembocadura del río Santa.

La plataforma continental es una morfoestructura ubicada entre la línea de costa e inicio del Talud Continental “(...) que ocurre alrededor de la isobata-200m”. (Teves y Evangelista, 1976), donde los sedimentos son de tipo autógeno, biogénico y terrígeno. Los sedimentos terrígenos, objeto del presente trabajo, dependen principalmente de cuatro factores: la fuente o procedencia del sedimento, el transporte, el ambiente de depósito y la diagénesis (INCITEMI, 1978).

En cuanto a la fuente, es importante mencionar que las condiciones climáticas y el relieve controlan el grado de meteorización y de transporte de los sedimentos a la cuenca. En esta, la distribución de las facies sedimentarias está controlada, sobre todo por la descarga fluvial, las corrientes ascendentes (upwelling) y condicionada por la dinámica física y orgánica.

Las aguas superficiales del margen continental peruano se caracterizan por su elevada productividad biológica. Parte de la materia orgánica producida, mayormente fitoplanctógena, se sedimenta y forma parte del sustrato; sin embargo, su acumulación está determinada por diversos factores (corrientes, tasa de sedimentación, morfología etc.), de los cuales resaltan las condiciones reductoras u oxidantes del agua de fondo y del sedimento. (Delgado et al., 1987).

Este sustrato también está afecto a procesos diagenéticos, los que originan diferentes texturas y alteran la composición de los sedimentos aunque su roca fuente sea la misma, por lo que es indispensable reconocerlos para evitar interpretaciones erróneas. (Arche 1992).

Los sedimentos de la plataforma continental peruana han sido objeto de varios estudios, los que se iniciaron el año 1960 con muestreos en la margen continental peruana por un grupo de investigadores de IMARPE a fin de conocer las características texturales, geoquímicas y biogénicas de los sedimentos superficiales.

En 1975 el Ing. Néstor Teves presentó un trabajo sobre los aspectos sedimentarios y estructurales de la costa peruana (14°-16°S), indicando la presencia de variaciones estructurales, las cuales podrían corresponder a la presencia de la dorsal de Nazca donde la sedimentación es predominantemente detrítica fina.

Un año después Teves y Evangelista, op.cit., presentaron un estudio sobre las 200 millas indicando que los espesores de sedimentos sobre la Dorsal de Nazca en casi todo el mar territorial varían de 100 a 400 m con posibilidades de contener yacimientos minerales.

El INCITEMI, op.cit., publica un trabajo acerca de la evolución de los conocimientos sobre el fondo y el subsuelo marino en donde se concluye que el paisaje submarino es similar al paisaje terrestre.

Rosato y Kulm (1981), realizaron un trabajo sobre las variaciones en la distribución de los minerales de arcilla y contenido de carbón presentes en la margen continental peruana y la placa de Nazca.

Para el Neógeno, Macharé et al. (1986) mencionaron que los grandes rasgos de la evolución de la margen continental son homogéneas a todo lo largo del Perú y que los movimientos verticales de subsidencia y levantamientos alternados controlan la sedimentación.

Delgado et al. Op.cit., explican que la margen continental peruana representa una de las cinco mayores y persistentes regiones con afloramientos costeros (upwelling) de los océanos del mundo. En las áreas de afloramiento mucho factores del medio influyen en la sedimentación, así se tiene que entre los 7°-10°30' de la plataforma y el talud

superior hay predominancia de sedimentos arenosos y al Sur 10°30'S hay predominancia de arcillas limosas.

En 1988 Delgado et al., distingue en la margen continental peruana dos provincias sedimentarias una al sur caracterizada por sedimentos finos muy ricos en materia orgánica y bajo contenido calcáreo y otra al norte caracterizada por sedimentos arenosos con bajo contenido orgánico en la plataforma y valores altos en los sedimentos finos del talud superior. En consecuencia, el año 1995 (Delgado et al.) publica un Atlas Sedimentológico de la plataforma continental peruana en donde se muestran diversas cartas de distribución de los principales parámetros granulométricos y texturales así como el carbono orgánico y carbonatos de los sedimentos superficiales.

Finalmente, Velasco y Ortlieb (2003); presentaron un estudio de búsqueda de los sedimentos laminados en las capas de oxígeno mínimo del Perú central.

De esta manera, el presente trabajo se ha efectuado con el objetivo de determinar la composición y mineralogía de muestras de sedimentos superficiales en la plataforma continental peruana entre las latitudes 11°30' y 14°00' (Fig.1). Para ello se han analizado 50 muestras que han sido colectadas a bordo de los cruceros Tareq y Humboldt entre 1977 a 1980, utilizando una draga modelo Van Veen 0.05, que consiste en un par de mandíbulas metálicas articuladas en un punto a manera de tijeras que descienden abiertas y se cierran al caer sobre el fondo, capturando 5 cm³ de sedimentos, obteniéndose una muestra puntual del área, sin contaminación. Estos sedimentos fueron proporcionados por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), y fueron muestreados a profundidades variables entre 10 a 300 m.b.n.m. El análisis por difracción de Rayos X se hizo en los laboratorios del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Adicionalmente se ha estudiado la composición mineralógica de los sedimentos fluviales, mediante el difractómetro de rayos X, de los principales ríos que desembocan en el área de trabajo. Esto con la finalidad de establecer las influencias de las descargas sólidas de los ríos en la plataforma continental y se utilizó el método de Dickinson para determinar la proveniencia de los minerales del área de estudio.



Fig. 1: Imagen del Perú mostrando el área de estudio de la plataforma continental encerrada en línea roja.

CAPÍTULO 2

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

El área de estudio se ubica en la plataforma continental central entre los 11°30' y 14°00' de latitud Sur, y se extiende hasta los 78°00' Longitud Oeste (Fig. 2), entre la margen de la desembocadura del río Chancay (Lima) hasta la desembocadura del río Pisco (Ica), en el Perú central.

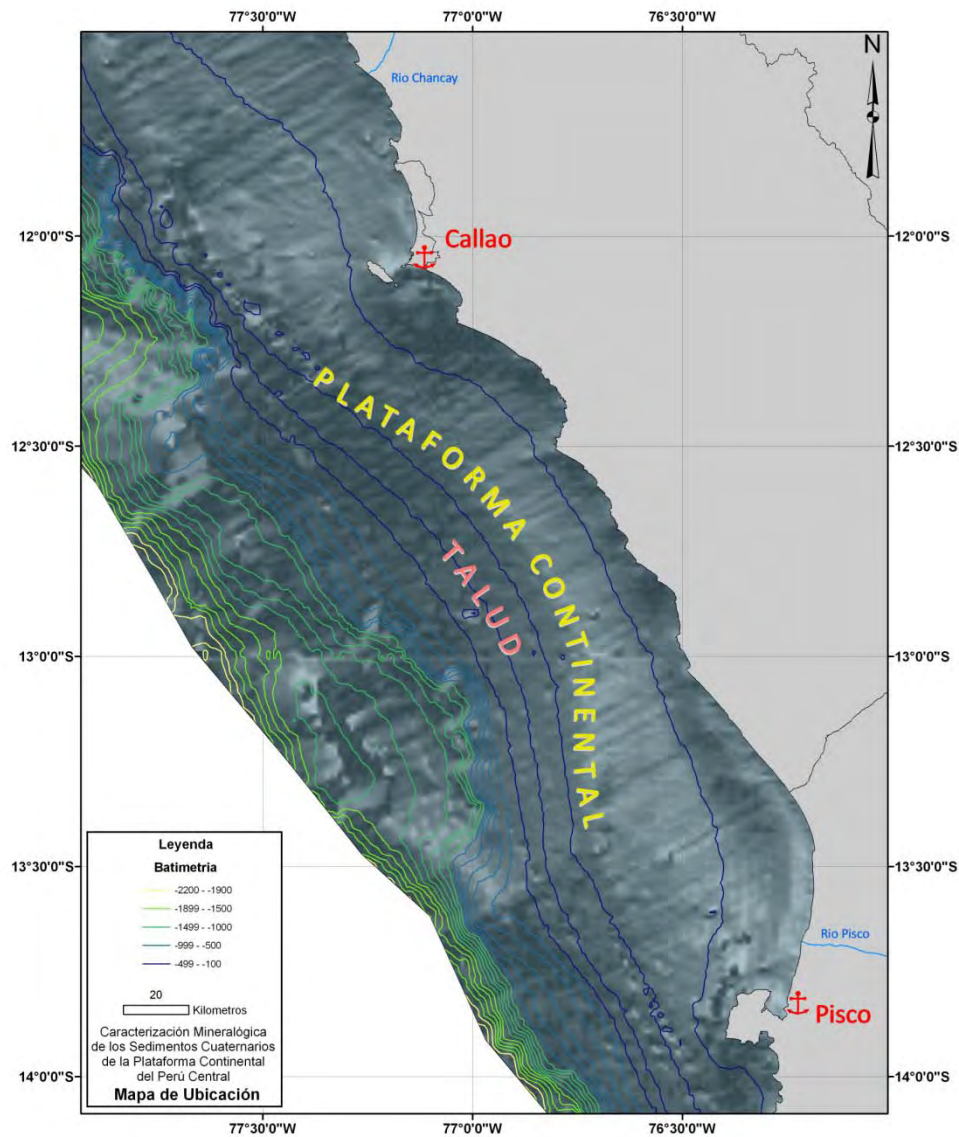


Fig. 2: Ubicación del área de estudio entre los 11°30' S y 14°00' S y 78°00' W. Se indican la Plataforma continental y el Talud como morfoestructuras que contienen las muestras.

2.2 LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL PERÚ CENTRAL

2.2.1 GEOMORFOLOGÍA : CANALES Y VALLES

En base a la batimetría y la restitución digital se obtuvo la imagen de la plataforma continental la que servirá para relacionar las geoformas y sus relaciones con el continente (Fig. 3a).

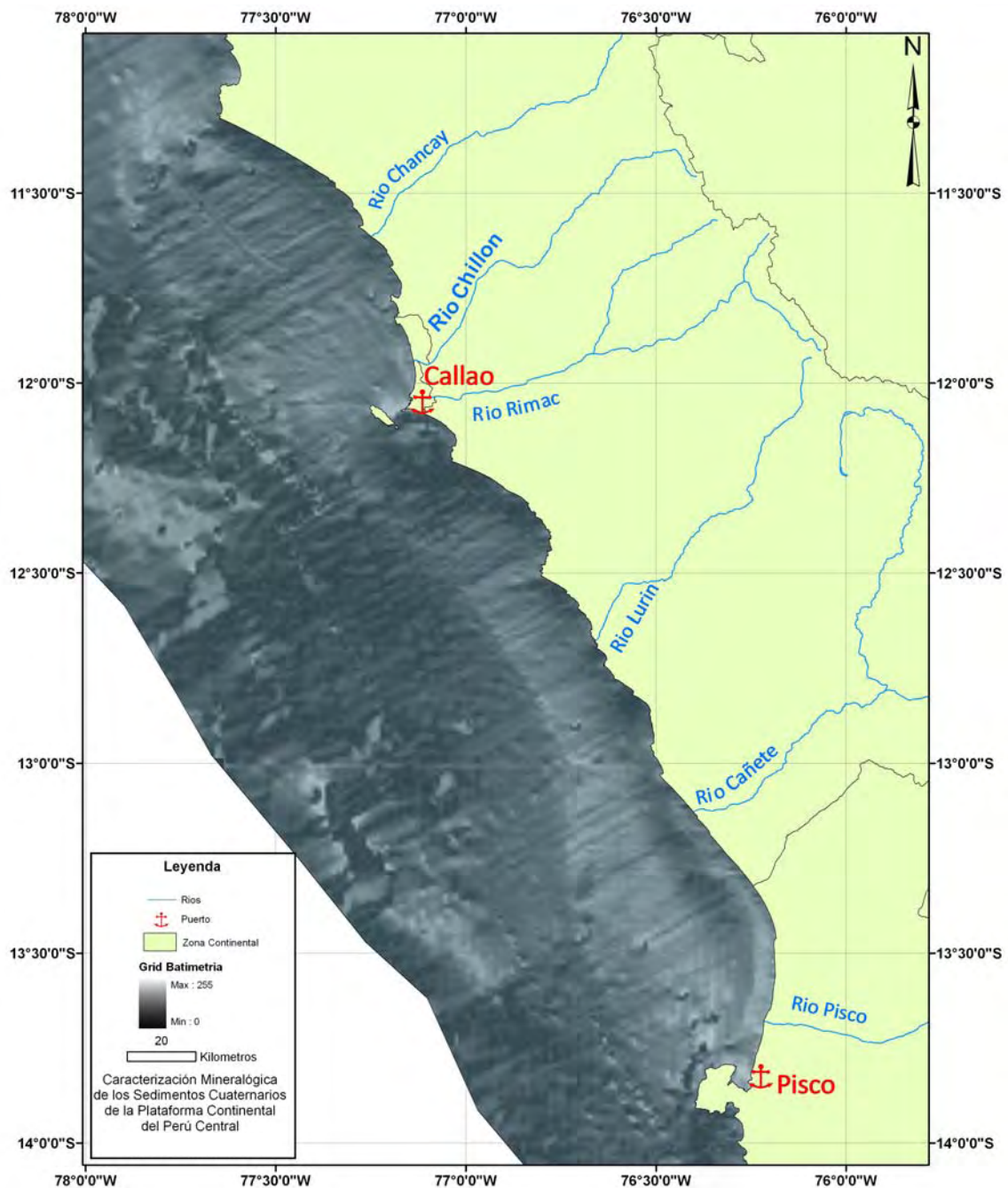


Fig.: 3a: Imagen mostrando la plataforma continental en el área de estudio

Como producto del análisis de la imagen en sus aspectos de la batimetría y el modelamiento, se pudo interpretar los canales y valles de la plataforma (Fig. 3b).

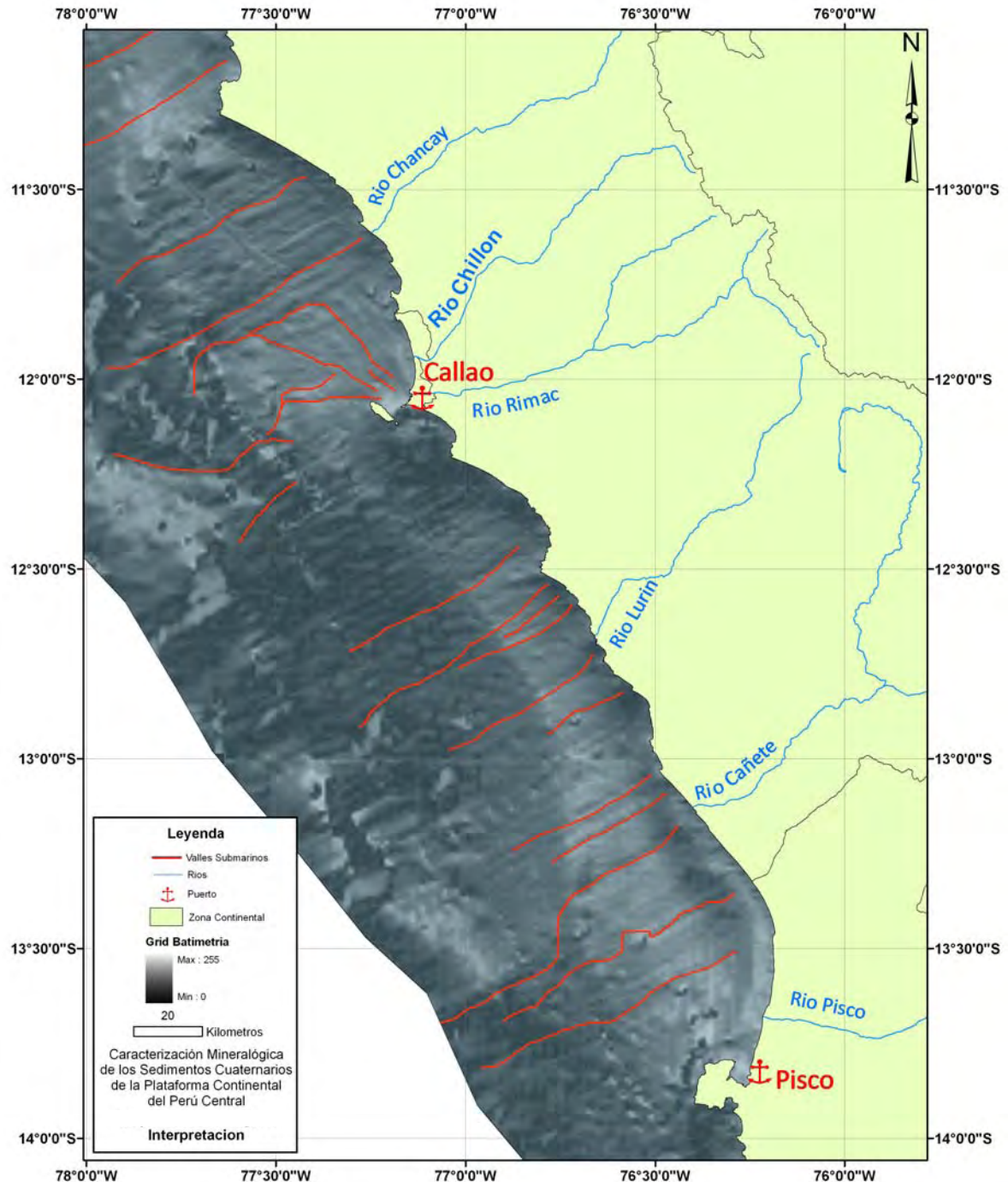


Fig. 3b: Imagen de la plataforma continental mostrando los canales y valles en el área de estudio.

En la plataforma continental se forman canales como prolongaciones de los ríos o quebradas y tienen un patrón estructural perpendicular a la línea de costa. Se han reconocido las del río Chancay, con una orientación de S 60° W; las del río Rímac con 3 canales teniendo orientaciones de N 45° W, N 65° W y N 90° W las que junto con la prolongación del río Chillón forman el abanico submarino del complejo Rímac y Chillón (Fig. 3b).

En la quebrada Cruz del Hueso y el río Mala los canales que se observan tienen orientación S 60° W. Estos canales submarinos excavados pertenecen a la parte norte entre las latitudes 11°30' S a 13°00' S (Fig. 3b).

En el río Cañete y la quebrada Cansa Caballo, los canales que se forman en la plataforma tienen una orientación de S 55° W y S 60° W respectivamente. Estos dos canales son de forma sinuosa teniendo el canal del río Cañete, un tramo que cambia de dirección hacia el sur (Fig. 3b).

En el río Matagente el cañón que se forma presenta una orientación S 60° W. Estos canales submarinos excavados pertenecen a la parte sur entre las latitudes 13°00' S a 14°00' S (Fig. 3b).

Se puede interpretar que la serie de canales submarinos reflejan los patrones que gobiernan los alineamientos de los ríos de la costa y van a tener influencia en la distribución de los sedimentos en la zona de estudio, de la misma manera como ocurre en el continente aunque con diferente cinemática. Es decir, en cada canal habrá mayor concentración de materiales lo que incidirá en la composición del material muestreado. Por ello, es importante delinearlos para graficar la distancia respecto a la red de muestreo.

2.2.2 DELIMITACIÓN DE CUENCAS

Se ha realizado la delimitación de dos cuencas submarinas en la plataforma continental central con el fin de indicar la dispersión geográfica de los minerales a caracterizar y analizar los factores de esta dispersión. Para la delimitación de estas cuencas se utilizó el software MicroDEM ver. 10.0 de PETMAR Trilobite Breeding Ranch y se generó un modelo digital de elevación (DEM, de sus siglas en inglés), obteniendo una imagen en 3D de toda la zona de estudio donde se trazó el sistema de redes fluviales de los ríos de la costa central (fig. 4) y se realizaron perfiles a partir de la topografía digital del terreno.

Para representar la morfología del sustrato, se trazo una sección NW casi paralela a la línea de costa entre las latitudes 11° 00 y 14°00 (sección A-C, Fig. 5).

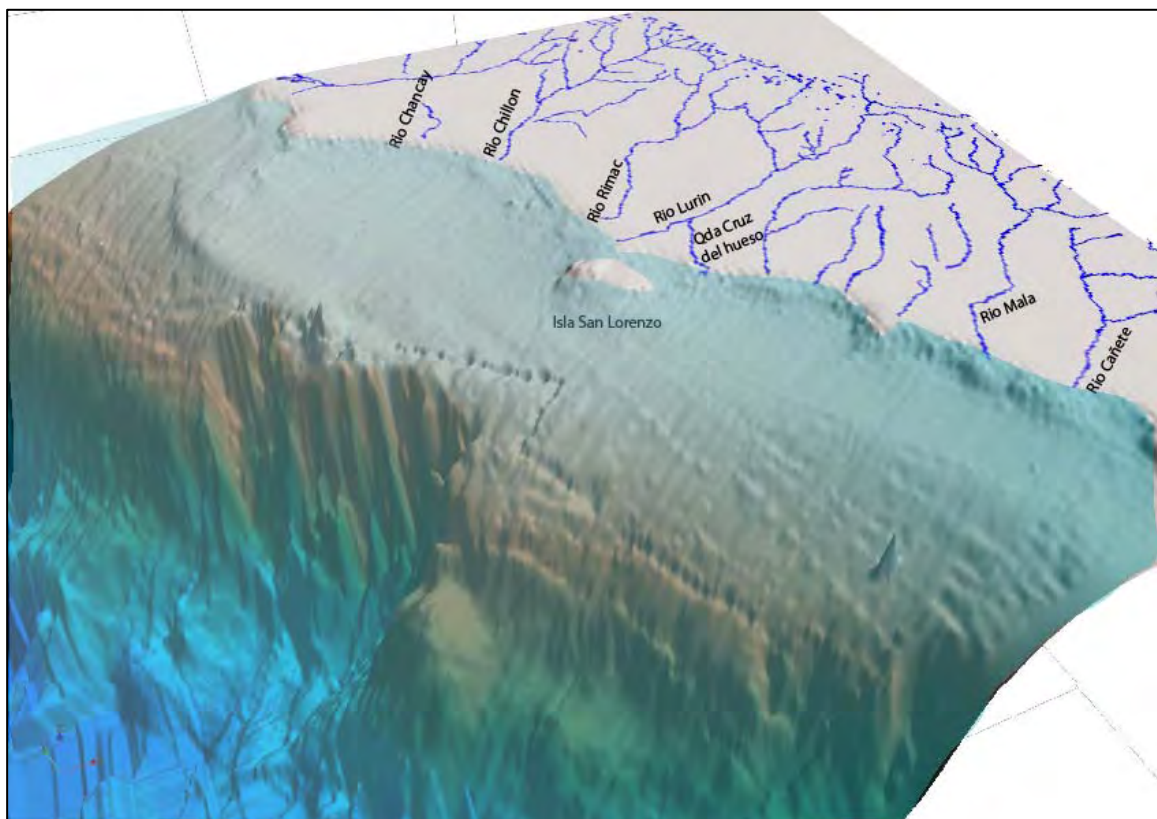


Fig. 4: Imagen en 3D de la plataforma continental y sistema de drenaje fluvial de los ríos de costa central comprendidos entre los 11° 00 y 13°00.

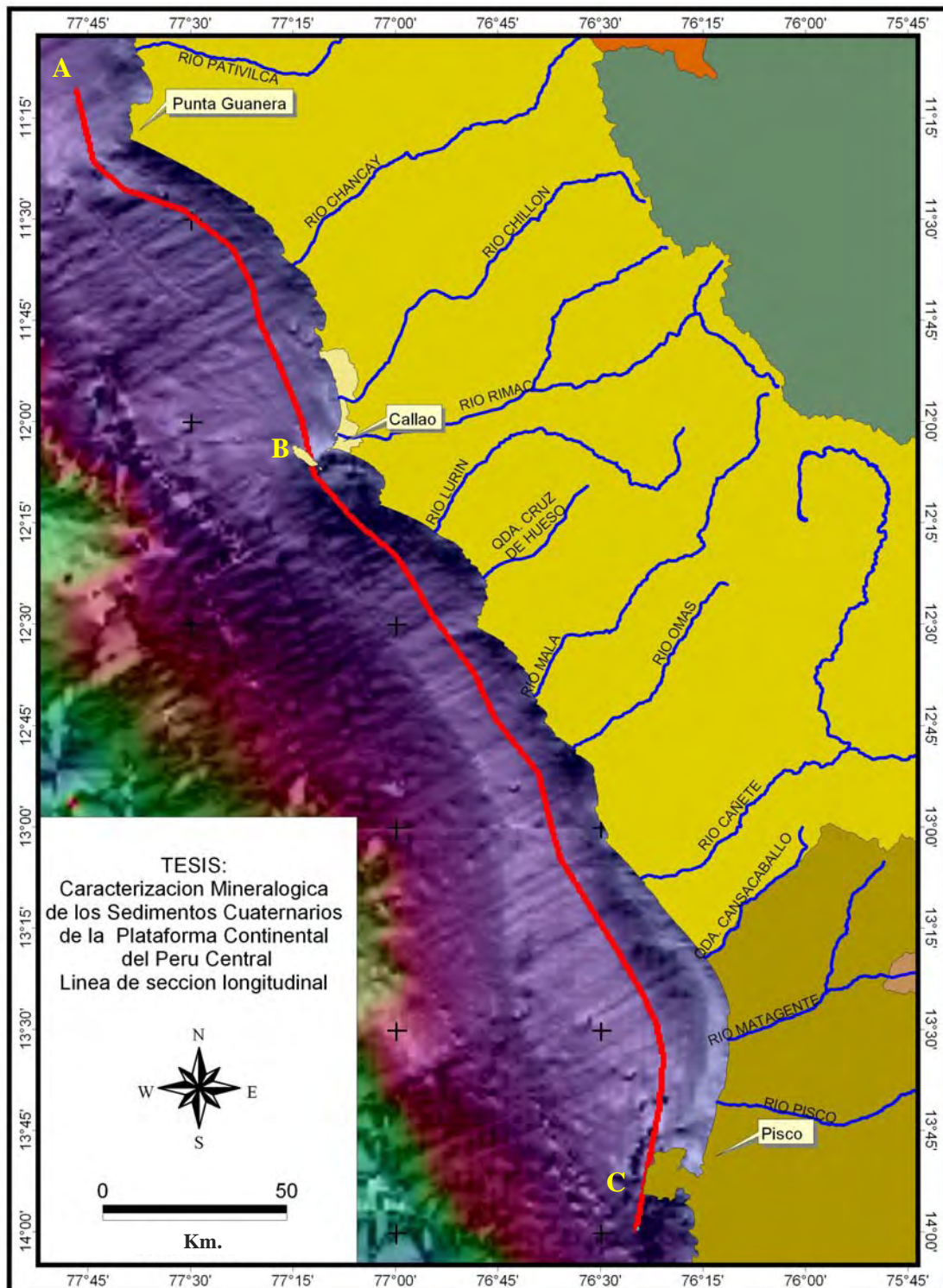


Fig. 5: Sección A-C en dirección NW-SW comprendida entre las latitudes 11°00S y 14°00S para representar la morfología del sustrato.

La sección A-B-C permitió diferenciar un alto estructural ($12^{\circ} 21'$ Latitud sur y $77^{\circ} 11'$ Longitud oeste) que delimita dos cuencas cuya toponimia ha sido tomada del nombre de los ríos de la costa que discurren. Hacia el norte entre los $11^{\circ} 29'$ a $12^{\circ} 21'$ Latitud sur, una cuenca cuyo depocentro alcanza los 80m.b.n.m. denominada cuenca Chancay; y hacia el sur una cuenca de mayor extensión con depocentro mayor que alcanza una profundidad mayor a 110 m.b.n.m. cuyos límites comprenden $12^{\circ} 21'$ a $13^{\circ} 75'$ latitud sur denominada cuenca Mala. (Fig. 6).

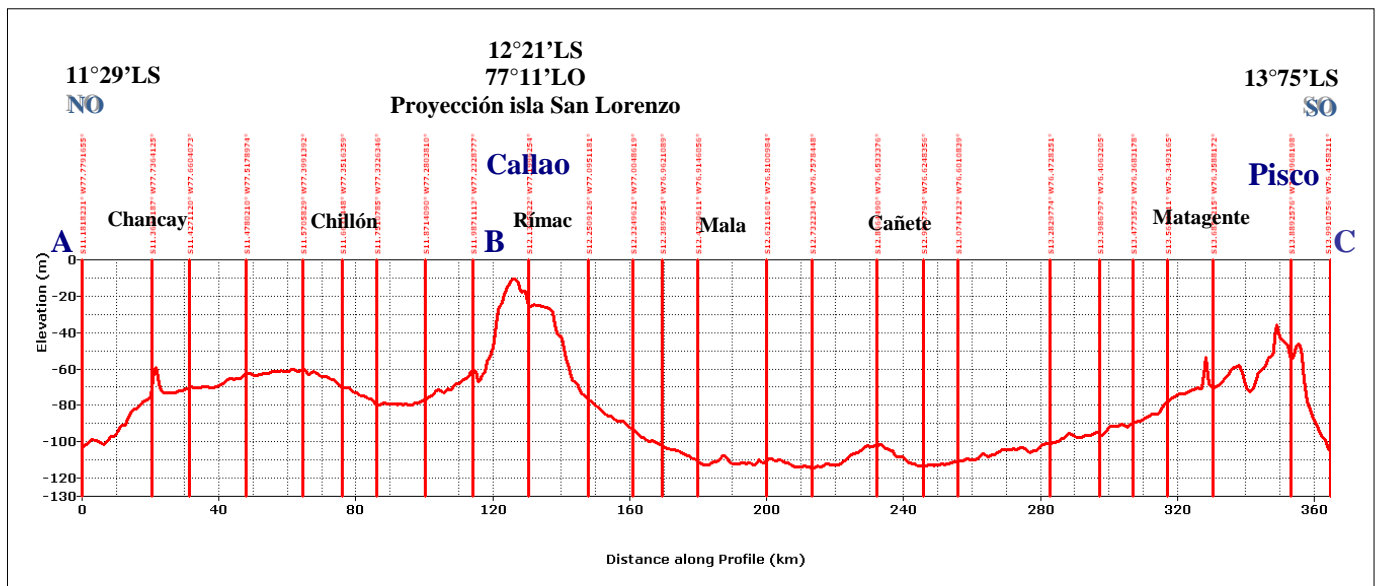


Fig. 6.- Sección A-B-C mostrando el perfil de las cuencas Chancay y Mala, emplazadas entre los $11^{\circ} 29' \text{ LS}$ y $13^{\circ} 75' \text{ SW}$.

2.2.2.1 CUENCA SUBMARINA CHANCAY

La cuenca Chancay está limitada por dos altos submarinos que se extienden por el norte a la altura del promontorio de Punta Guanera con una profundidad entre 50-75 mbnpm (metros bajo el nivel del piso marino) y hacia el sur a la altura de la Isla de San Lorenzo con una profundidad entre 0-25 mbnpm. Hacia la parte media se observa un valle, fácilmente identificable en el perfil, por donde se emplazan los materiales que discurren y provienen de los aportes del Río Chancay. Esta cuenca recibe los aportes de los ríos Chancay, Rímac y Chillón (Fig.7).

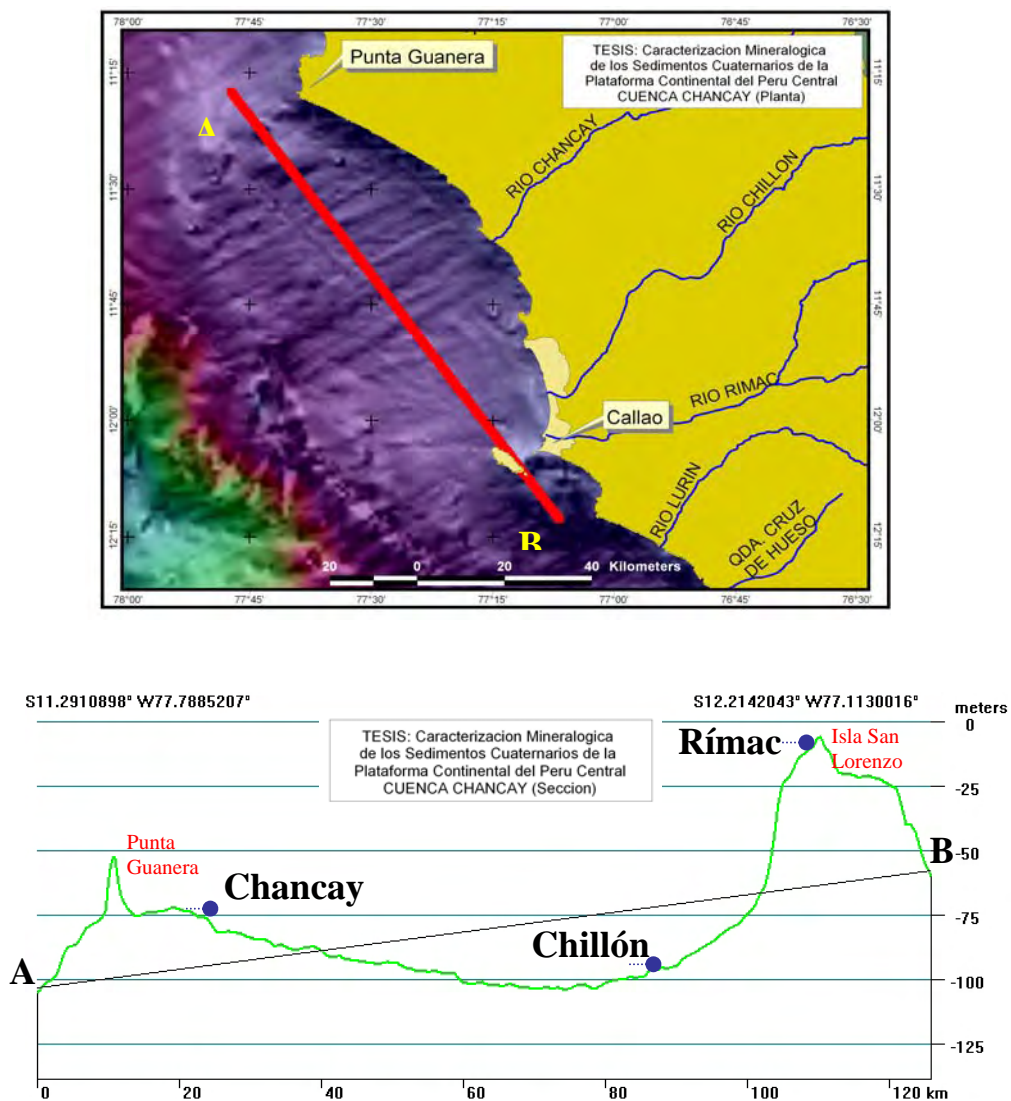


Fig.7 Sección AB entre Punta Guanera y la Isla San Lorenzo (arriba) y perfil de la cuenca Chancay (abajo).

2.2.2.2 CUENCA SUBMARINA MALA

La cuenca Mala limita hacia el norte con la cuenca Chancay y se extiende hacia el sur a la altura de la Bahía de Paracas e Islas Ballestas. Esta cuenca recibe los aportes de los ríos Lurín, Mala, Cañete, Matagente y Pisco. (Fig. 8).

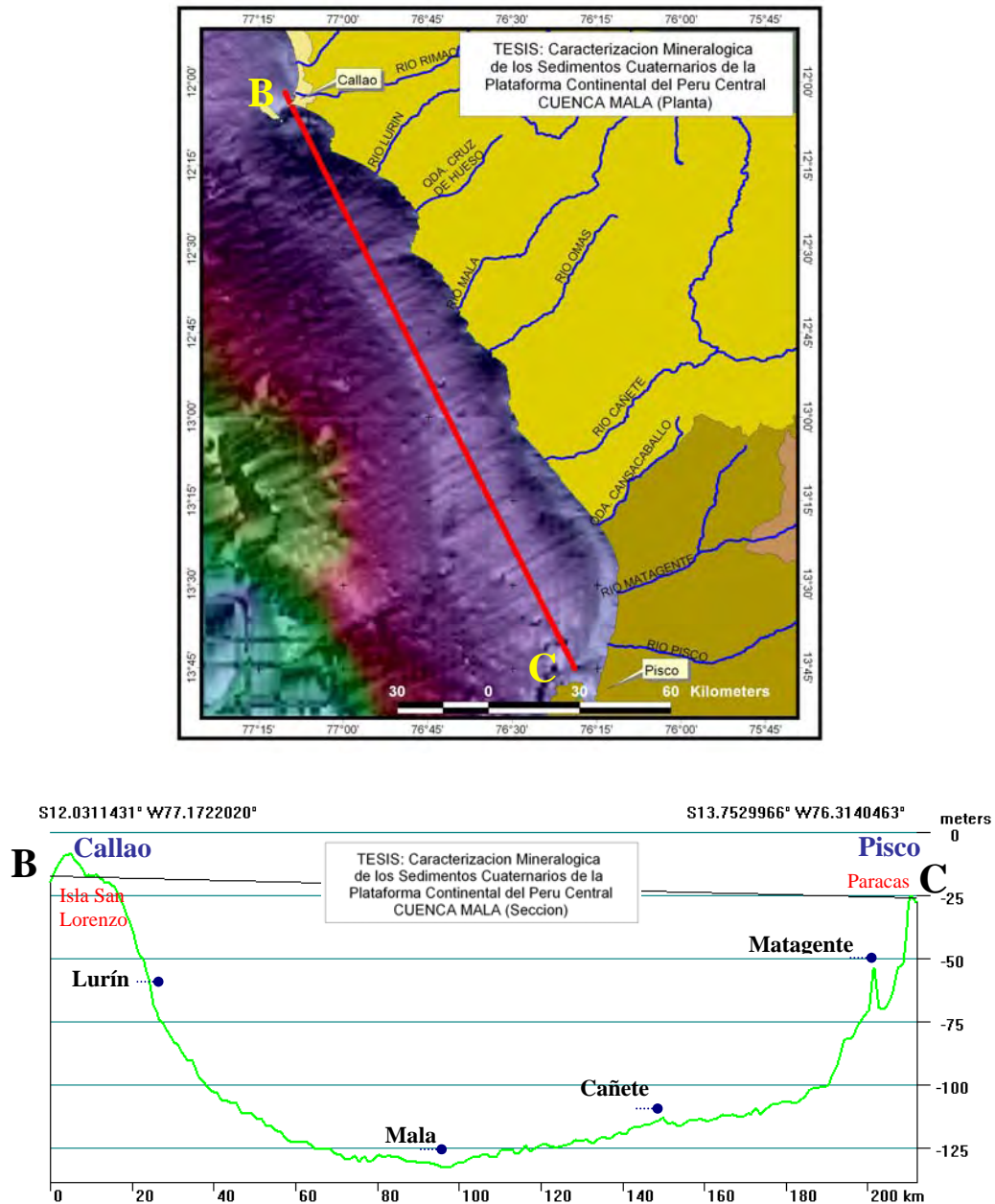


Fig. 8 Sección BC entre Isla de San Lorenzo y Península de Paracas (arriba) y perfil de la cuenca Mala (abajo).

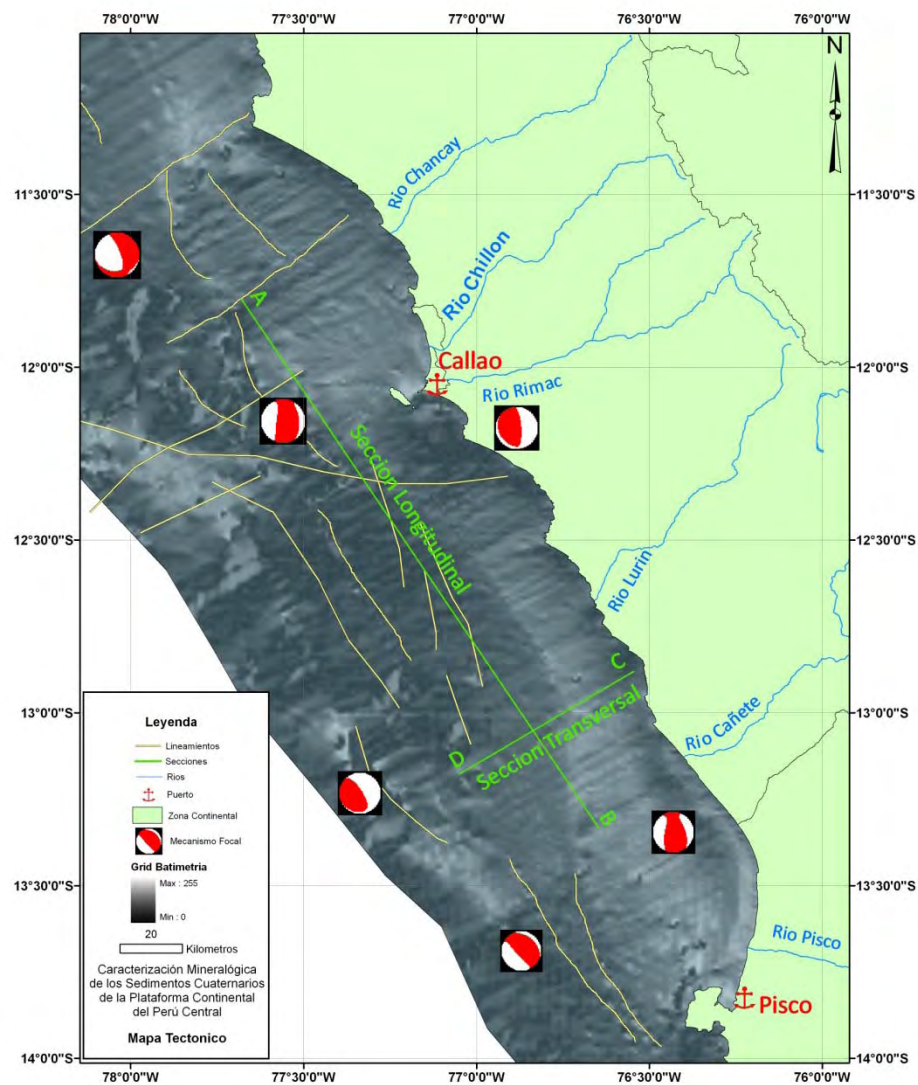
2.2.3 MARCO TECTÓNICO: LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

Consistió en las identificación y trazado de lineamientos estructurales y conocimiento de los movimientos horizontales y verticales de las fallas y su orientación.

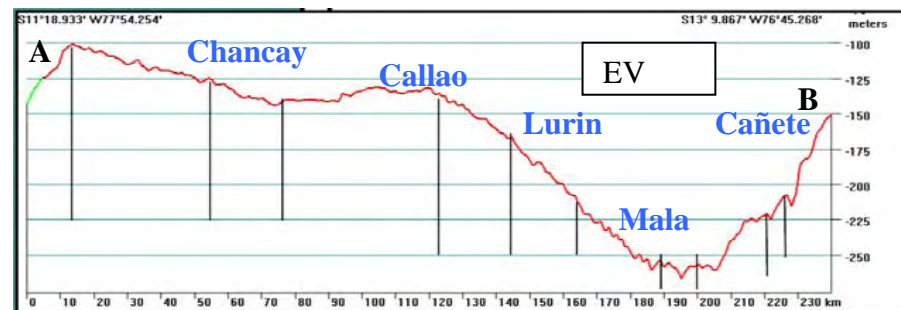
Para este fin se utilizó como base para el trazado de los lineamientos estructurales el modelo DEM, mientras que para la orientación de las fallas se utilizó el Método de Mecanismos Focales y la ocurrencia de sismos superficiales. La data aplicada para el método de mecanismos focales fue tomada del Proyecto; "Project Global CMT" del Centroid-Moment-Tensor (CMTL) de la Universidad de Harvard. (www.globalcmt.org). Para obtener los datos de mecanismos focales se consideraron los siguientes parámetros; Profundidad de 0-50 Km. , Latitud -15 a -10 grados y Longitud -80 a -75 grados.

Los lineamientos estructurales comprendidos en la zona de estudio mostraron una orientación en dirección NE-SO y NO-SE y guardan relación con los datos de hipocentros de sismos superficiales los cuales también muestran orientaciones NE-SO y NO-SE. Esta relación permite considerar que las direcciones de los mecanismos focales nos darán el sentido de las fallas, habiéndose registrado un predominio de fallas inversas (mecanismo focal con franja roja central) y una menor relación de fallas normales (mecanismo focal con una franja roja a un costado), así como fallas de rumbo (mecanismo focal con franjas rojas a ambos extremos).

Interpretando estos lineamientos podemos concluir que en el sector comprendido entre los 11° 30' y 14° 00' de latitud sur, la plataforma continental presenta fallas inversas que responden a tres sistemas NW-SE, NE-SW y W-E. (Fig. 9).



SECCIÓN LONGITUDINAL



SECCIÓN TRANSVERSAL

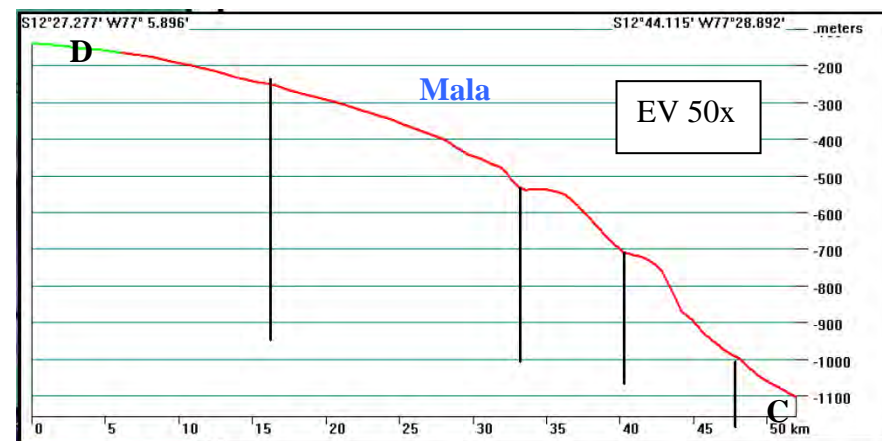


Fig. 9: Mapa tectónico de la plataforma continental mostrando los lineamientos

2.3 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

2.3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO

La margen continental del Perú es una morfoestructura ubicada a lo largo de la costa occidental del continente sudamericano que pertenece a la zona de convergencia andina o zona de subducción (Macharé et al. Op.cit.). En esta zona se encuentran registrados ciclos sedimentarios cuyas series comprenden desde el Plioceno al Cuaternario (Macharé et al. Op.cit., y Thornburg y Kulm, 1981) constituido por mezclas de influjo de material biogénico de régimen de afloramientos costeros (upwelling) y material terrígeno.

En general esta zona está compuesta por sedimentos gruesos, en su mayor parte detritos biogénicos los cuales están condicionados por la presencia de corrientes y de la meiofauna marina; sin embargo, hacia los 13° S los sedimentos se hacen más finos con aproximadamente 60% de arcillas, en menor cantidad lodolitas y restos fecales ricos en carbón orgánico (Krissek et al., 1980). Es necesario considerar la influencia del aporte de material detrítico producido por la inundación de los ríos de la costa (Zuta y Guillen, 1970), cuyo análisis y tratamiento comprenderá un capítulo aparte.

2.3.2 GEOMORFOLOGÍA

Comprende las geoformas que se extienden desde la línea de costa hasta el cambio de pendiente que ocurre entre las isóbatas de 100 a 200 m. De acuerdo a Schweigger (1943) la plataforma de la costa central, se encuentra entre Punta Aguja (frente a la Provincia de Chancay) y San Gallán (frente a la Península de Paracas) con una anchura de 30 a 40 km., alcanzando su máxima amplitud en 140 km., frente a la desembocadura del río Santa. El cambio de pendiente más profundo es de aproximadamente 200 m. en las latitudes 14° a 16° S, aumentando la anchura en la zona central. Frente a la localidad de Pimentel es de 101 km., y en Chimbote casi alcanza las 126 km., disminuyendo hacia el sur. Al sur de Huarmey se estrecha hasta 55 km., y a la latitud del Callao unos 72 km.; haciéndose nuevamente angosta hacia el sur y alcanzando sólo 9 km en la Península de Paracas.

En general, la plataforma continental peruana exhibe una superficie llana, de escasa pendiente, con cambios muy pequeños observados localmente en las proximidades de algunas cadenas de islas, alineadas cerca de su borde (I° Chincha, I° San Gallán). Por esta conformación, la sedimentación es relativamente rápida, lo que es característico de medios de aguas someras.

2.3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La evolución de la margen continental es relativamente homogénea a todo lo largo del Perú, y los movimientos verticales de subsidencia y levantamientos alternados controlan la sedimentación. Durante el Cuaternario, el régimen dominante es extensional y la dirección aproximadamente de N-S y los eventos de la tectónica de la margen parecen reflejar los cambios en la geodinámica de la Placa de Nazca (Macharé et al. Op.cit.).

CAPÍTULO 3
MINERALOGÍA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA
PLATAFORMA CONTINENTAL.

MINERALOGÍA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL

3.1. INTRODUCCIÓN

La plataforma continental es una superficie que se extiende desde la línea de costa hasta la parte más elevada del talud continental, cubierto por el mar. La zona de estudio comprende la región cubierta por sedimentos relictos que se clasifican según su origen en: litogénicos, biogénicos, hidrogénicos y anemogénicos. Los litogénicos son sedimentos producto de la rotura mecánica de las rocas y el mayor aporte proviene de los ríos, que no solamente proporcionan material terrígeno, sino que agregan nutrientes necesarios para la productividad biológica. Una vez en el océano, los sedimentos litogénicos son transportados a aguas más profundas, después de un almacenamiento inicial en muchas áreas de las plataformas continentales.

Los sedimentos biogénicos son aquellos que están formados primariamente a partir de los remanentes de organismos marinos. Aunque las plantas y animales marinos son increíblemente diversos, sólo un pequeño número de grupos producen partes duras capaces de contribuir a los sedimentos. De esta manera, la composición química de las partículas producidas orgánicamente en el sedimento marino será normalmente de carbonato de calcio (CaCO_3) o de sílice (SiO_2).

Los sedimentos hidrogénicos se forman muy lentamente, molécula a molécula, como resultado de reacciones químicas que ocurren en el agua del mar o entre sustancias químicas disueltas en el agua oceánica o aquellas existentes en el piso oceánico. La mayor parte de los depósitos hidrogénicos se forman de la precipitación lenta de minerales desde el agua de mar y los orígenes de los iones son diversos, incluyendo la actividad hidrotermal y los materiales producidos biogénicamente.

3.1.1 ESTUDIOS PREVIOS

Rosato y Kulm, op.cit., hicieron un estudio de minerales de arcillas en la margen continental peruana y adyacente a la placa de nazca. Los minerales de arcilla distribuidas en esta zona son del Grupo de la Smectita, la Illita las que disminuyen en sus concentraciones cuando aumenta la distancia del continente. Las concentraciones mas altas ocurren en la plataforma en los 11° 00' latitud sur y las concentraciones mas bajas ocurren en la placa de Nazca y su distribución se debe tanto al transporte eólico como fluvial. La concentración de la Clorita generalmente decrece cuando se incrementa la distancia del continente lo que sucede cerca a la plataforma en la latitud 13° 00' latitud sur y las concentraciones bajas ocurren cerca a la placa de Nazca. La concentración de la kaolinita es bastante similar a la de la clorita.

Delgado y Gomero (1985), describieron los sedimentos superficiales de la plataforma continental desde un punto de vista textural y geoquímico (carbono orgánico y carbonatos). En este estudio se distinguieron 2 provincias sedimentarias, una al sur que se caracteriza por la abundancia de sedimentos finos muy ricos en materia orgánica y bajo contenido calcáreo y la otra al norte, donde se muestra una amplia distribución de sedimentos arenosos con bajo contenido orgánico. En 1995 estos autores emplearon una distribución basados en los componentes básicos: arena, limo y arcilla según el diagrama triangular de Shepard, la cual es muy útil para graficar la distribución granulométrica de los sedimentos en la plataforma continental.

Clayton (1990), realizó un estudio de minerales de arcilla de sedimentos cenozoicos de la margen continental peruana, encontrándose los minerales de Clorita e Illita que predominan al norte de la cuenca Pisco y la Esmectita al sur de la cuenca Pisco.

3.1.2 PROBLEMA

No existen estudios de la composición, concentración y distribución de la mineralogía de los sedimentos superficiales de la plataforma continental en el Perú central, por ello es importante hacer una evaluación de estos componentes y conocer los grados de influencia del entorno a fin de caracterizarlos.

3.1.3 HIPÓTESIS

Existe una relación entre la ocurrencia y distribución geográfica de los minerales de la plataforma continental central con las fuentes de los aportes fluviales, teniendo como controles las morfoestructuras presentes en el medio.

3.2. UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras en estudio están ubicadas a partir de la desembocadura del río Chancay hasta la desembocadura del río Pisco (Fig. 10 y tabla 1).

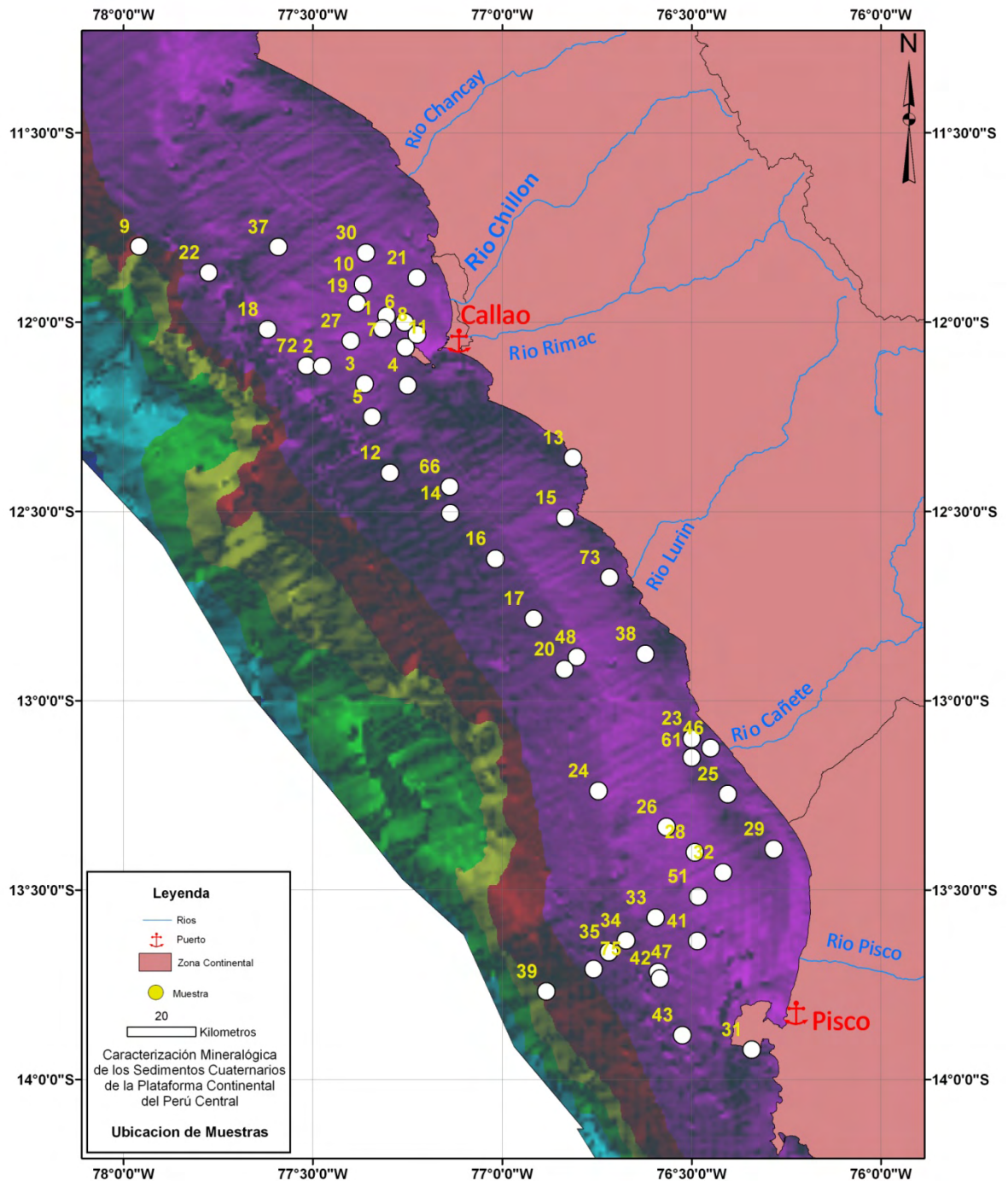


Fig. 10: Distribución de las muestras en la plataforma continental

3.2.1 RELACIÓN DE MUESTRAS

Nº muestra	POSICION		EST.	PROF.	FECHA
	LATITUD	LONGITUD		(M)	
1	12°02'00"	77°14'00"	2	50	16/12/1982
2	12°07'00"	77°29'00"	2	153	28/05/1981
3	12°09'08"	77°22'00"	3	129	28/05/1981
4	12°10'00"	77°15'00"	4	43	28/05/1981
5	12°15'00"	77°21'00"	5	142	28/05/1981
6	12°00'00"	77°15'30"	20	70	06/05/1978
7	11°59'00"	77°18'20"	2	105	10/11/1976
9	11°48'00"	77°58'00"	138	298	24/04/1981
10	11°54'00"	77°22'00"	22	100	08/05/1978
11	12°04'00"	77°15'00"	17	120	18/11/1977
12	12°23'09"	77°18'00"	12	183	30/05/1981
13	12°21'05"	76°49'00"	13	77	30/05/1981
14	12°30'03"	77°08'02"	14	180	30/05/1981
15	12°31'00"	76°50'00"	15	94	30/05/1981
16	12°37'05"	77°01'01"	16	186	30/05/1981
17	12°47'00"	76°55'00"	17	188	31/05/1981
18	12°01'10"	77°37'10"	19	187	18/11/1977
19	11°57'00"	77°23'00"	17	105	10/08/1977
20	12°55'00"	76°50'00"	20	189	31/05/1981
21	11°53'00"	77°13'30"	13	50	12/10/1980
22	11°52'10"	77°46'30"	11	152	03/10/1979
23	13°06'00"	76°30'00"	23	83	31/05/1981
24	13°14'03"	76°45'00"	24	145	31/05/1981
25	13°14'08"	76°24'00"	25	145	31/05/1981
26	13°20'00"	76°34'00"	26	115	31/05/1981
27	12°03'00"	77°24'00"	19	120	06/05/1978
28	13°24'00"	76°30'00"	28	113	01/06/1981
29	13°23'05"	76°17'00"	29	26	01/06/1981
30	11°49'00"	77°21'00"	6	103	03/10/1979
31	13°55'03"	76°21'00"	31	75	01/06/1981
32	13°27'02"	76°25'00"	32	99	01/06/1981
33	13°34'04"	76°36'00"	33	150	01/06/1981
34	13°38'00"	76°40'00"	34	208	01/06/1981
35	13°39'08"	76°43'00"	35	203	01/06/1981
37	11°48'05"	77°35'30"	5	122	19/07/1979
38	12°52'35"	76°37'20"	9	70	05/05/1978
39	13°46'01"	76°53'00"	39	1018	01/06/1981
41	13°38'01"	76°29'00"	41	113	01/06/1981
42	13°44'00"	76°35'00"	42	182	02/06/1981
43	13°53'00"	76°32'00"	43	183	02/06/1981
46	13°07'30"	76°27'00"	5	27	07/08/1977
47	13°43'00"	76°35'20"	3		16/11/1977
48	12°53'05"	76°48'10"	11	143	17/11/1977
51	13°31'00"	76°29'00"	2	110	05/05/1978
61	13°09'00"	76°30'00"	6	110	05/05/1978
66	12°26'05"	77°08'20"	15	140	06/05/1978
72	12°06'55"	77°31'00"	3	166	02/10/1979
73	12°40'30"	76°43'00"	9	45	08/08/1977
75	13°42'30"	76°45'30"	3	274	07/08/1977

Tabla 1: Base de datos de muestras superficiales de la Plataforma Continental entre los 11° 30' y 14° 00' de Latitud Sur

3.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el desarrollo de la presente tesis, se hizo una recopilación de información y bibliografía a fin de realizar la evaluación y selección de la misma y el desarrollo del trabajo consistió de las etapas de Laboratorio y Gabinete. En la etapa de Laboratorio se realizó una revisión previa de la litoteca del Laboratorio de Geología Marina de IMARPE, con el fin de seleccionar las muestras involucradas en el área de estudio, seleccionándose 50 muestras de sedimentos de limoarcillas. El tratamiento consistió en la aplicación de métodos químicos (IMARPE) y en el análisis mineralógico por difracción de rayos X (INGEMMET).

Para los Mapas de isovalores de minerales principales se aplicó el software de Arc Gis versión 9.3. Las gráficas de concentración relativa de minerales se obtuvieron mediante el software del difractómetro Shimadzu modelo XRD-6000.

Para una mejor comprensión de los tipos y características de las muestras estudiadas, es conveniente desarrollar la metodología de trabajo a partir de la técnica de muestreo, por lo que se detalla a continuación.

3.3.1 MUESTREO DE SEDIMENTOS

El muestreo de sedimento se realizó a bordo de los cruceros Tareq y Humboldt en diferentes años (1,977, 1,978, 1,979 y 1,980), utilizando la técnica del Dragado. La Draga utilizada es de tipo Van Veen 0.05m^2 de área de cobertura con un par de mandíbulas metálicas articuladas en un punto a manera de tijeras (Fig.11) que descienden abiertas y que se cierran al caer sobre el fondo capturando 5 cm^3 de sedimentos. De esta manera, se obtiene una muestra puntual del área, sin contaminación y mezclando los sedimentos superficiales en varios centímetros de profundidad.

Los sedimentos fueron capturados a profundidades entre 10 a 300 mbnm (metros bajo el nivel del mar) de fracción limoarcillas, color gris verdoso, con abundante contenido de materia orgánica y olor característico de los sulfuros (H_2S). Luego de ser separadas de las dragas fueron debidamente codificadas y refrigeradas.



Fig. 11: Draga tipo Van Veen 0.05m² de área de cobertura.

3.3.2 TRATAMIENTO DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS MARINOS

El tratamiento de las muestras consistió en eliminar la materia orgánica para su posterior análisis mediante el difractómetro de rayos X, procediéndose de acuerdo al detalle que sigue.

Después de ser descongelada la muestra, se seca en una estufa a 60° C, se homogeniza, se cuartea (Fig.12) y se toma un peso de sedimento de 5g (Fig.13). Esta cantidad es conveniente puesto que a mayor peso habrá mayor contenido de materia orgánica lo que dificultará y dilatará el tiempo de análisis.

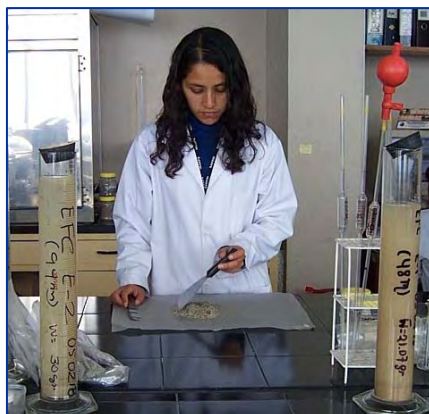


Fig.12: Proceso de Cuarteo



Fig.13: Balanzas de precisión

Se vierte la muestra en un beaker de 500 ml., y se agrega el peróxido de hidrógeno (H_2O_2 al 30%) para remover la materia orgánica y evitar la floculación, observándose presencia de espuma lo que indica una reacción exotérmica (Fig. 14). Para acelerar la digestión, se calienta un máximo de $40^\circ C$, evaporándose el peróxido hasta llevarla a pasta fina. Esta operación se repite, hasta que se remueva la materia orgánica.



Fig. 14: Muestras tratándose con peróxido (H_2O_2)

Luego, se agregan 50 ml. de hexametáfosfato de Sodio al 10% (es un efectivo dispersante) y 200 ml. de agua destilada. Luego se agita y se deja reposar el contenido por 24 horas, tapando el vaso para protegerlo de la contaminación.

Posteriormente, se filtra la muestra (Fig.15) y se lleva a la estufa a una temperatura de $60^\circ C$. (Fig.16) y luego se guarda en un desecador para protegerla de la humedad (Fig.17).

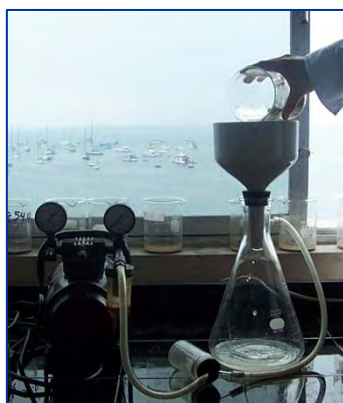


Fig.15: Filtrando la muestra



Fig.16: Secando la muestra a $60^\circ C$



Fig.17: Muestras en un desecador.

La muestra se muele en un mortero de Ágata, tomándose un gramo de la misma para hacer el análisis de difracción de rayos x.

3.3.3 ANÁLISIS POR DIFRACTOMETRÍA DE RAYOS X (DRX)

Mediante la difractometría de rayos X, se caracterizan las propiedades físicas y químicas de los minerales con estructura cristalina. El fenómeno de difracción ocurre cuando un haz de rayos-X incide en un material sólido y parte de este haz se dispersa en todas direcciones a causa de los electrones asociados a los átomos o iones que encuentra en el trayecto, pero el resto del haz puede dar lugar al fenómeno de difracción de rayos-X, que tiene lugar si existe una disposición ordenada de átomos y si se cumplen las condiciones que vienen dadas por la Ley de Bragg que relaciona la longitud de onda de los rayos-X y la distancia interatómica con el ángulo de incidencia del haz difractado (ver texto líneas abajo). Si no se cumple la ley de Bragg, la interferencia es de naturaleza no constructiva y el campo del haz difractado es de muy baja intensidad.

Mediante este procedimiento físico, se pueden determinar estructuras cristalinas de composición química compleja y de baja simetría. Para estos análisis se utilizaron radiaciones de Cu, existiendo también las de Co, Fe, y Cr, cada uno con diferente poder de difracción al poseer longitudes de ondas características. (Cullity, 2001). Las muestras se tamizaron en la malla 320 (0.0625mm.) y luego fueron molidas con el mortero de Ágata. Se necesitan de 1 a 5 gr. de muestra.

Para el presente trabajo se utilizó el difractómetro Shimadzu modelo XRD-6000 (Fig.18), el tubo de rayos X se ha operado a 40 Kv., y 30 mA. de corriente y fueron irradiados en un anticato de Cu y filtro de Ni, encontrándose equipado con un software de interpretación de datos que permite identificar sistemas de especies minerales que ocurren en los sedimentos.

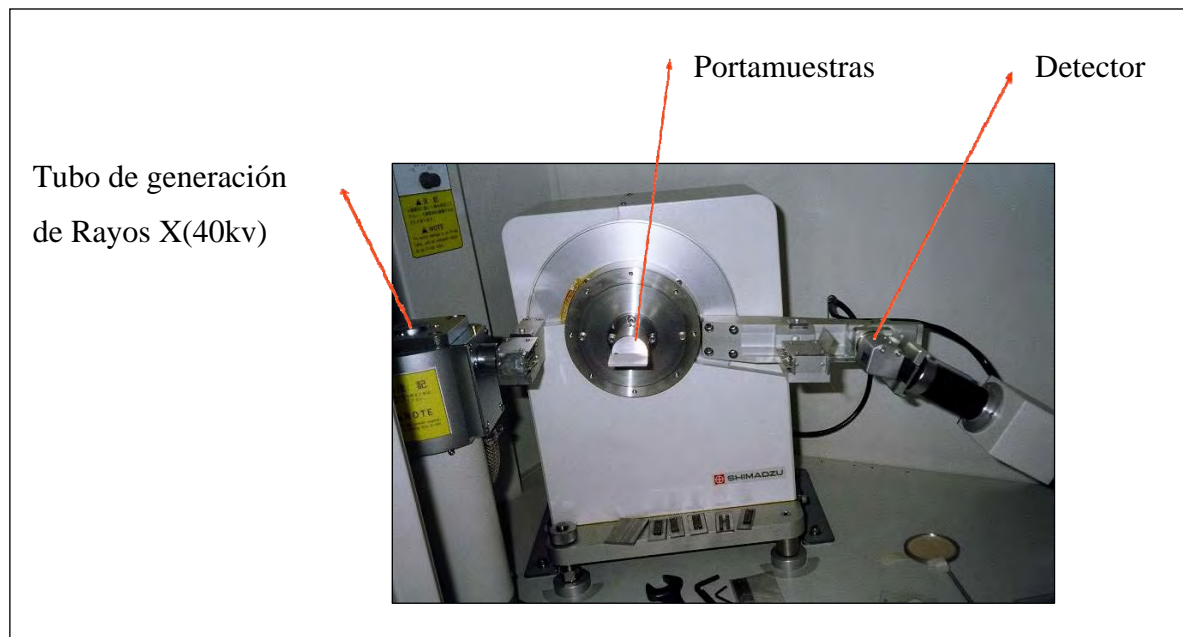


Fig . 18: Difractómetro de rayos X

Para la interpretación de estos difractogramas se determinan las distancias interplanares usando la Ley de Bragg e intensidades relativas (área bajo el pico).

La ley de Bragg establece: $n\lambda = 2d \sin \theta$; donde n: es un entero (orden de reflexión), λ : es la longitud de onda de rayos X ; d: es la distancia interplanar entre planos atómicos sucesivos en el cristal y θ : es el ángulo entre el plano atómico y ambos flujos incidentes y reflejados .

Cuando se utiliza la ley de Bragg hay que tener en cuenta dos hechos geométricos importantes que son: el haz incidente que es la normal al plano reflectante y el haz difractado que son siempre coplanares. El ángulo entre el haz difractado y el haz transmitido es siempre 2θ , conocido como el ángulo de difracción.

Cabe resaltar que se debe analizar todas las muestras utilizando el mismo difractómetro de rayos x para que el margen de error sea el promedio real del total de muestras.

Se muestra un ejemplo del difractograma de una de las muestras que consta de dos ejes. El eje de la abscisa denominada ángulo de difracción (2Θ) y el eje de las coordenadas denominada intensidad relativa (I.R.). Se observa también una curva con picos mayores que otros. Estos picos nos reflejan que mineral estamos encontrando en la muestra y cuyos resultados están dados en porcentajes (Fig. 19).

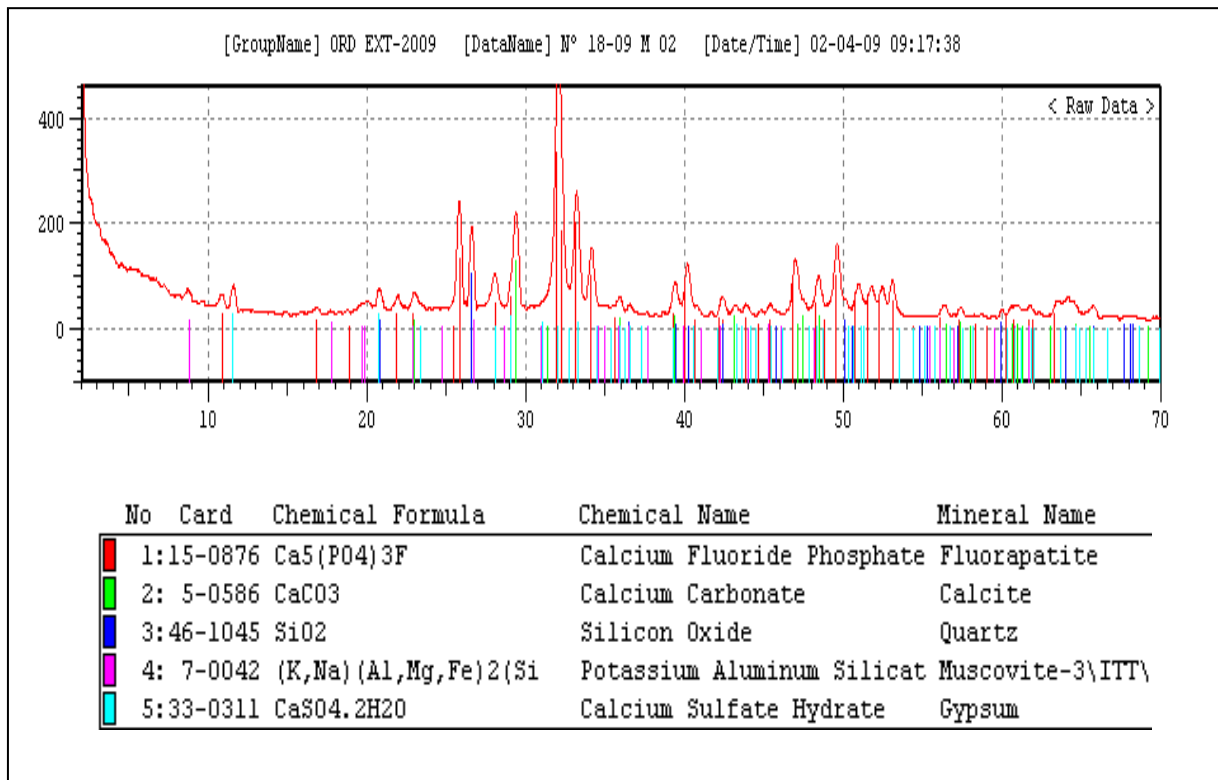


Fig 19: Ejemplo de difractograma de los minerales

3.4 RESULTADOS

De los análisis por difracción de Rayos X de las 49 muestras de limo arcillas, se han identificado 58 especies minerales (Tabla 2), correspondientes a los grupos de los Sulfuros, Óxidos, Halogenuros, Carbonatos, Sulfatos y Silicatos (Inosilicatos, Filosilicatos y Tectosilicatos). Estas especies minerales se diferencian según sus grados de concentración y distribución en las cuencas submarinas Chancay y Mala, observándose dos modos de dispersión, en un caso se indica concentración en determinadas áreas y en otro caso de dispersión aleatoria.

<i>Minerales</i>	<i>Presencia</i>	<i>Minerales</i>	<i>Presencia</i>
Cuarzo SiO ₂	49	Namuwita (Zn,Cu) ₄ SO ₄ (OH) ₆ ·4H ₂ O	1
Albita Na (Si 3Al)O ₈	48	Amblygonita LiAl(PO ₄)(F,OH)	1
Muscovita KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	48	Illita (K,H ₃ O)(Al, Mg, Fe) ₂ (Si, Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ·(H ₂ O)]	1
Augita Ca (Mg, Fe, Al) (Si, Al) ₂ O ₆	47	Laumontita Ca(Si ₄ Al ₂)O ₁₂ ·4H ₂ O	1
Clorita (Mg, Al) ₆ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	47	Granerita (Fe ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂) - Ca ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	1
Riebeckita (Na, Ca) ₂ (Fe, Mn) ₃ Fe ₂ (Si, Al) ₈ O ₂₂ (OH, F) 2	42	Aliettita Ca _{0.2} Mg ₆ (Si,Al) ₈ O ₂₀ (OH) ₄ ·4H ₂ O	1
Rhodocrosita MnCO ₃	15	Heulandita CaAl ₂ Si ₇ O ₁₈ H ₂ O	1
Rodonita MnSiO ₃	14	Tungstenita WS ₂	1
Cloromagnesita Mn Cl ₂	11	Clinoptilo (K,Na,Ca) ₂ ? ₃ (Si,Al) ₁₈ O ₃₆ ·11H ₂ O	1
Pirita S ₂ Fe	7	Antofilita (Mg,Fe ₂ +) ₇ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂	1
Pirofilita ((Si ₄ O ₁₀) Al ₂ (OH) 2)	8	Dolomita CaMg(CO ₃) ₂	1
Hematita Fe ₂ O ₃	5	Hastingsita NaCa ₂ (Fe ₂ +,Mg) ₄ Fe ₃ +(Si ₆ Al ₂)O ₂₂ (OH,Cl) ₂	1
Ortoclase KAlSi ₃ O ₈	4	Cordierita (Mg,Fe) ₂ Al ₄ Si ₅ O ₁₈ x(H ₂ O,CO ₂)	1
Anortoclase (Na,K)AlSi ₃ O ₈	4	Magnesiohorblenda Ca ₂ (Mg,Fe ₂ +) ₄ (Al,Fe ₃ +)(Si ₇ Al)O ₂₂ (OH,F) ₂	1
Yeso CaSO ₄ 2H ₂ O	4	Mackinawita (Fe,Ni) _{1+x} S(x=0-0.07)	1
Jarosita (SO ₄) ₂ KFe ₃ (OH) 6	3	Anhidrita CaSO ₄	1
Motmorillonita (Na,Ca) _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·nH ₂ O	3	Todorokita (Na,Ca,K,Ba,Sr) ₁ ? _x (Mn,Mg,Al) ₆ O ₁₂ ·3-4H ₂ O	1
Natrojarosita NaFe ₃ +3(SO ₄) ₂ (OH) ₆	2	Bustamita (Mn+2,Ca) ₃ Si ₃ O ₉	1
Braunita Mn+2Mn ₆ +3SiO ₁₂	2	Natrolita Na ₂ Al ₂ Si ₃ O ₁₀ 2H ₂ O	1
Actinolita Ca ₂ (Mg,Fe) 5Si ₈ O ₂₂ (OH) 2	2	Cristobalita Si O ₂	1
Microclina K Al Si ₃ O ₈	2	Magnesita MgCO ₃	1
Molibdenita Mo S ₂	2	Starkeyita MgSO ₄ ·4H ₂ O	1
Lizardita Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	1	Woodhouseita CaAl ₃ (SO ₄)(PO ₄)(OH) ₆	1
Bixbyita (Mn+3,Fe+3) ₂ O ₃	1	Behoita Be(OH) ₂	1
Hidromolisita Fe ₃ +Cl ₃ ·6H ₂ O	1	Ilmenita FeTiO ₃	1
Anatasa TiO ₂	1	Faercheldita K ₂ Ca(CO ₃) ₂	1
Termonatrita Na ₂ CO ₃ H ₂ O	1	Anortita CaAl ₂ Si ₂ O ₈	1
Talco ((Si ₄ O ₁₀) Mg ₃ (OH) 2)	1	Manganaxinita Ca ₂ Mn ₂ +Al ₂ BO ₃ Si ₄ O ₁₂ (OH)	1

Tabla 2: Relación de minerales identificados indicando la frecuencia de su ocurrencia por muestra.

3.4.1 DISTRIBUCIÓN DE MINERALES EN LA CUENCA SUBMARINA CHANCAY

En esta cuenca se identificaron los siguientes grupos minerales: Grupo de los Sulfuros (Molibdenita y Pirita), Grupo de los Halogenuros (Cloromagnesita), Grupo de los Carbonatos (Rodocrosita), Grupo de los Sulfatos (Natrojarosita y Yeso), Grupo de los Anfíboles (Hastingsita), Grupo de las Zeolitas (Natrolita y Clinoptilolita), Grupo de los Inosilicatos (Rodonita, Jarosita y Actinolita), Grupo de los Filosilicatos (Pirofilita y Talco), Grupo de los Ciclosilicatos (Cordierita), Grupo de los Tectosilicatos (Cristobalita, Anortoclasa y la Ortoclasa), (Tabla 2, Anexo 3).

La Molibdenita y la Pirita se encuentran en dirección de los ríos Chancay, Chillón y Rímac; la Cloromagnesita y la Rodocrosita en dirección de los ríos Chillón y Rímac, la Natrojarosita en dirección de los ríos Chancay y Rímac, el Yeso en dirección del río Chillón, la Hastingsita se encuentra en dirección del río Mala, la Natrolita, se encuentra en dirección de los ríos Chillón y Rímac, la Clinoptilolita se encuentra distribuida en dirección del río Chancay, la Rodonita en dirección de los ríos Chancay, Chillón y Rímac, la Jarosita en dirección del río Chillón, la Actinolita en dirección del río Rímac, la Cristobalita se encuentra distribuida en dirección del río Rímac, la Anortoclasa en dirección de los ríos Chillón y Rímac, el Talco está distribuido en dirección del río Chillón, la Pirofilita se encuentra distribuida en dirección del río Chancay hasta el río Pisco, finalmente tenemos la Namuwita, Actinolita y la Cordierita distribuida en dirección de los ríos Rímac y Chillón (Fig. 20).

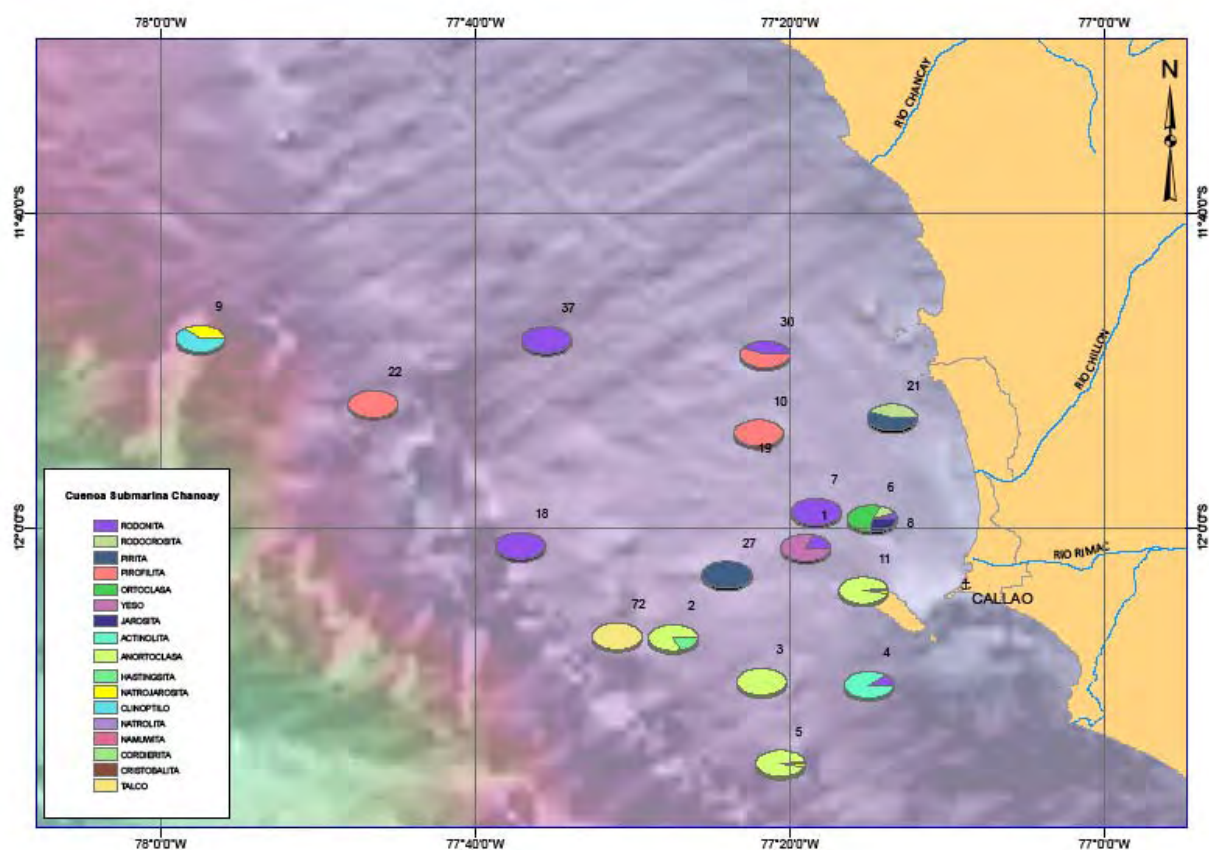


Fig. 20 Distribución de los minerales en la Cuenca Submarina Chancay

3.4.2 DISTRIBUCIÓN DE MINERALES EN LA CUENCA SUBMARINA MALA

Se identificaron los siguientes grupos minerales en esta cuenca: del Grupo de los Sulfuros (Mackinawita, Pirita y tungstenito), del Grupo de los Óxidos (Bixbyita, Hematita, Ilmenita, Braunita y Anatasa), del Grupo de los Hidróxidos (Behoita), del Grupo de los Carbonatos (Magnesita, Rodocrosita, Termonatrita, Dolomita), del Grupo de los Sulfatos (Starkeyita, Anhidrita, Yeso, Jarosita), de Grupo de los Fosfatos (Ambligonita, Woodhouseita), de Grupo de los Inosilicatos (Magnesiohorblenda (anfíbol), Antofilita, Todorquita, Laumontita, Grunerita, Ofosita, Rodonita, Bustamita y Actinolita), del Grupo de los Filosilicatos (Lizardita (serpentina), Motmorillonita, Illita, Pirofilita y Aliettita), del Grupo de los Tectosilicatos (Microclina y Anortita (feldespatos), Heulandita (zeolita)), y finalmente minerales que no han sido agrupados tales como la Gorstekita, Manganaxinita, Hidromolisita, y Faircheldita. (Tabla 2, Anexo 3).

En los Sulfuros se tienen la Mackinawita y la Tungstenita las que se distribuyen en dirección de Cansa Caballo (río Matagente) y la Pirita distribuida en dirección de los ríos Lurín, Mala y Cañete.

En los Óxidos se tiene la Bixbyita en dirección del río Lurín y la Hematita en dirección de los ríos Lurín, Cañete, Matagente y Pisco. La Ilmenita y la Braunita se encuentra distribuida en dirección a la quebrada Cruz del Hueso, y la Anatasa se encuentra distribuida en dirección del río Lurín,

En los Hidróxidos se tiene la Behoita distribuida en dirección de la quebrada Cruz del Hueso.

En el Grupo de los Carbonatos se tienen la Termonatrita y Dolomita las que se encuentran distribuidas en dirección del río Matagente y la Magnesita que se encuentra distribuido en dirección del río Mala.

En los Sulfatos se tienen la Anhidrita y la Starkeyita, que se encuentran distribuidas en dirección de la quebrada Cruz del Hueso, el Yeso en dirección de los ríos Cañete y Matagente y la Jarosita distribuido en dirección de los ríos Lurín y Cañete.

En los Fosfatos se tiene la Ambligonita que se encuentra distribuida en dirección del río Cañete y la Woodhouseita distribuida en dirección de la quebrada Cruz del Hueso.

En los Inosilicatos se tienen la Antofilita y la actinolita, la Laumontita, la Ofosita, la Bustamita y la Rodonita que se encuentran distribuidos en dirección del río Cañete, la Grunerita que se encuentra distribuida en dirección del río Matagente y la Magnesiorblanda y la Todorokita que se encuentran distribuidas en dirección al río Mala.

En los Filosilicatos se tienen la Lizardita (serpentina) que se encuentra distribuida en dirección del río Cañete, la Motmorillonita que se encuentra distribuida en dirección de los ríos Lurín, Cañete y Matagente, la Aliettita (smectita) que se encuentra distribuida en dirección de la quebrada Cansa Caballo, la Illita distribuida en dirección de la quebrada Cansa Caballo, la Pirofilita que se encuentra distribuida en dirección de los ríos Lurín, Mala y Matagente.

En los Tectosilicatos se tiene la Microclina que se encuentra distribuida en dirección del río Matagente, la Anortita y la Heulandita (zeolita) distribuidas en dirección de la quebrada Cansa Caballo.

Los minerales como la Gorstekita y Manganaxinita se encuentran distribuidos en dirección del río Cañete. La Hidromolisita distribuida en dirección del río Lurín y la Faircheldita distribuida en dirección de la quebrada Cruz del Hueso. (Fig. 21).

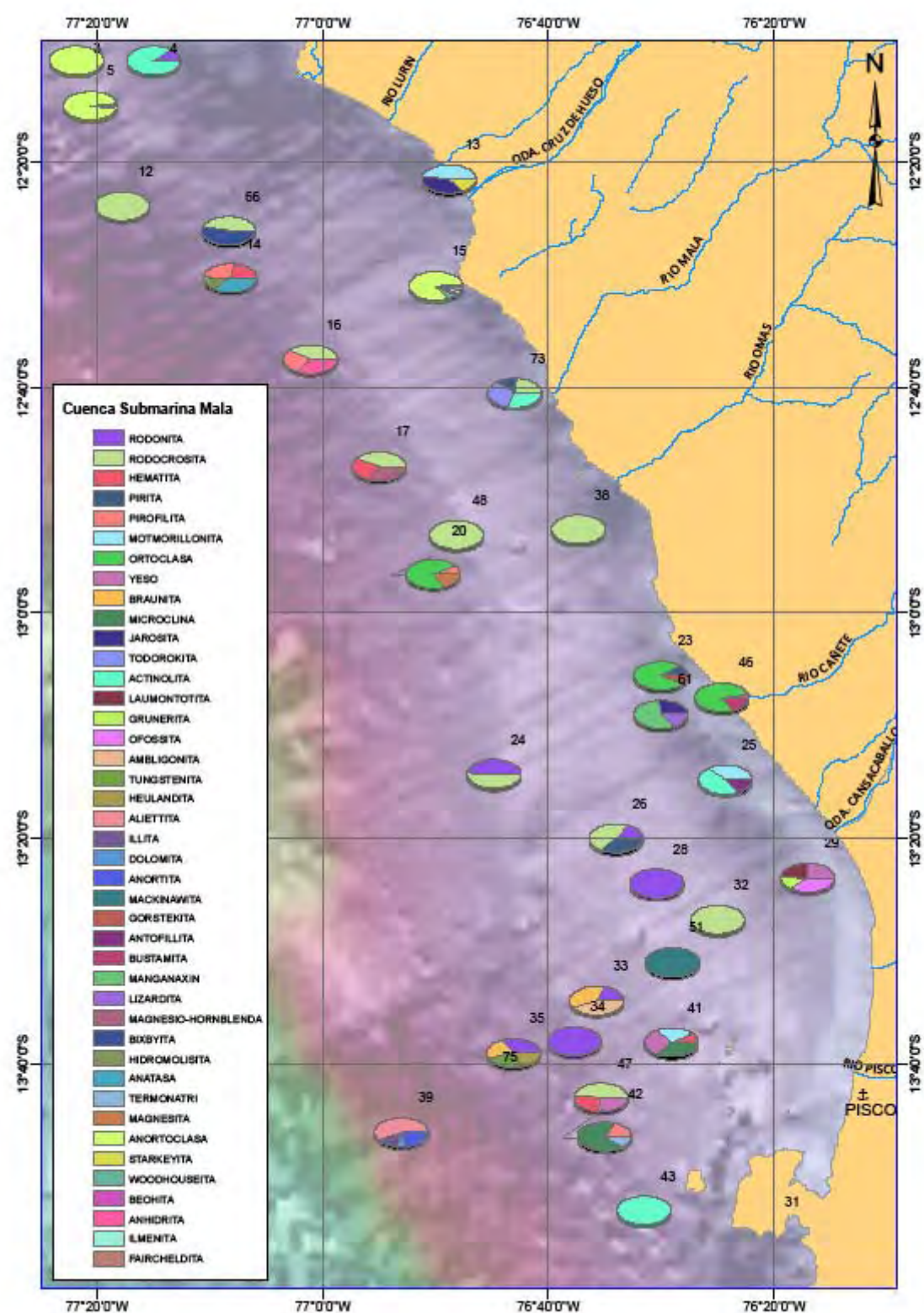


Fig. 21 Distribución de los minerales en la Cuenca Submarina Mala

3.4.3 RESULTADOS DE MUESTRAS ANTÍPODAS EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL

- En la plataforma interna, se determinó la presencia de 6 minerales: Cuarzo, Albita, Muscovita, Clorita, Riebeckita y Augita (Fig. 22).

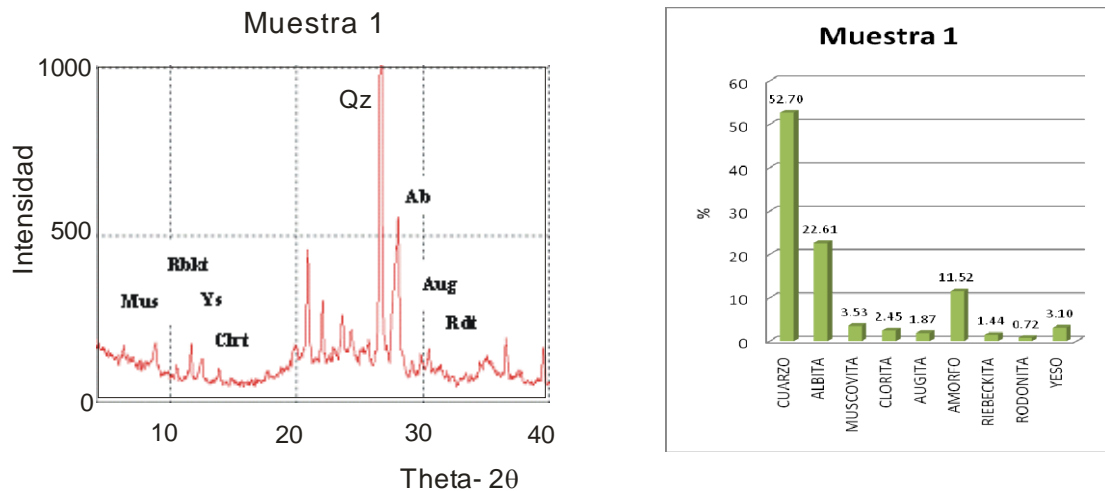


Fig. 22: Se presenta la muestra 1 que se encuentra en el frente deltaico del río Chillón con los minerales principales. Y a la Izquierda porcentajes de estos minerales.

- En la plataforma externa, la muestra que se encuentra cerca al talud, presenta minerales de arcilla como la Aliettita, Illita, Anortita (feldespatos), Dolomita (carbonatos) y Cuarzo en menor proporción. Fig. 23.

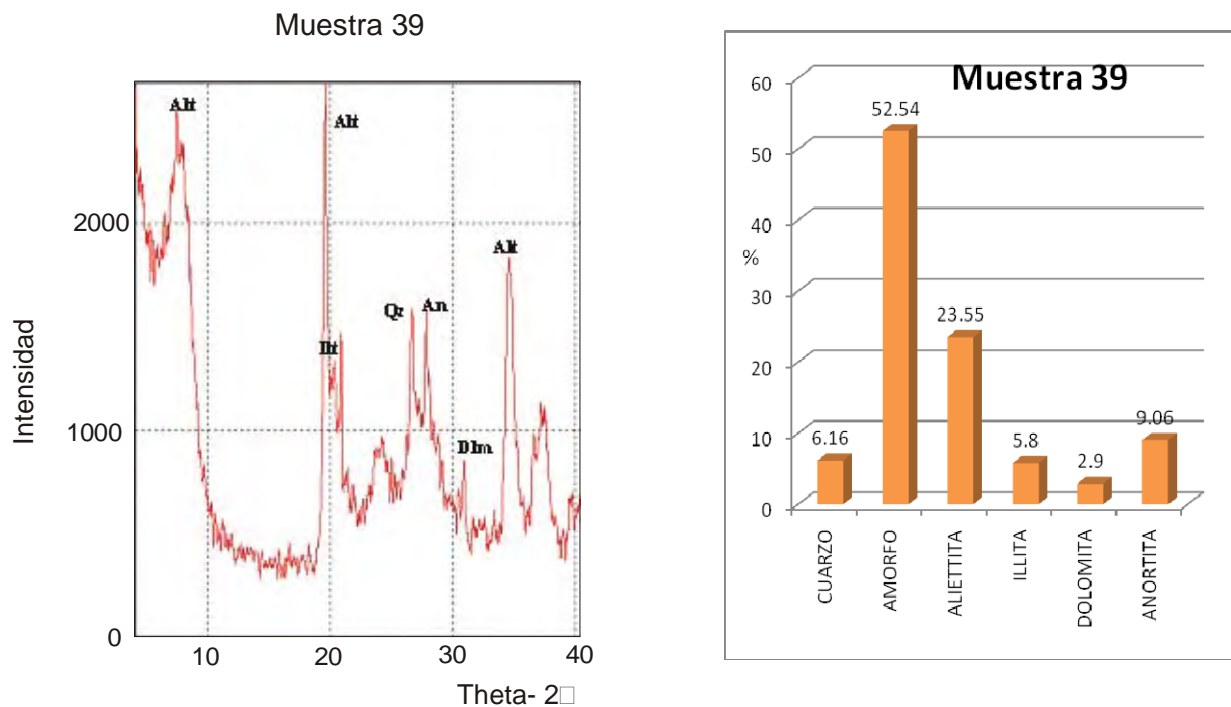


Fig 23: Se presenta la muestra 39 que se encuentra en el frente deltaico del río Pisco con minerales de arcilla . Y a la Izquierda porcentajes de estos minerales.

3.5 INTERPRETACIONES

Se ha determinado que existen minerales relacionados con la Formación Quilmaná (Andesitas), la Formación Morro Solar (Areniscas) y Batolito de la Costa, tales como: minerales de Molibdenita (sulfuros), Natrojarosita (sulfatos), Hastingsita, (inosilicatos), Namuwita, Cordierita y minerales de arcillas (Talco, Pirofilita).

Los minerales que conforman los sulfuros como la Piritita y la Molibdenita y los óxidos como Hematita e Ilmenita son minerales accesorios de las rocas ígneas tal como ocurre en los granitos. En el área de estudio se encuentran distribuidos en dirección del río Chancay hasta el río Cañete relacionados a volcánicos sedimentarios y al Batolito de la costa. La Molibdenita está relacionada a yacimientos de pórfidos de Cu. Procedentes de las áreas mineralizadas que se encuentran en la sierra central tal como Yauliyacu y Toromocho.

En cuanto a los carbonatos, la Rodocrosita y Magnesita aparecen como alteraciones de rocas ígneas y además, la rodocrosita aparece en filones hidrotermales con menas de plata, plomo y cobre. En el área de estudio se distribuyen desde la dirección del río Chillón hasta el río Pisco y están relacionados al Batolito de la Costa.

En los sulfatos tenemos la Anhidrita la cual al alterarse forma el Yeso que se encuentra en dirección de los ríos Matagente y Pisco procedentes probablemente de los depósitos evaporíticos que se encuentran próximos al curso fluvial de los mismos.

La Cristobalita, Natrolita y Clinoptilolita del grupo de las zeolitas son minerales que se dan por alteración de minerales autógenos y son estables en ambientes marinos debido al gran volumen de vacío cuando están deshidratados. Se relacionan a rocas andesíticas del Grupo Casma y Grupo Calipuy.

La Anatasa, Dolomita, Lizardita, Magnesita y Laumontita están relacionadas con yacimientos de alteración hidrotermal.

En zonas de oxidación tenemos a la Hematina. La Motmorillonita se debe al producto de alteración química de feldespatos en rocas básicas.

Los minerales que se encuentran en el talud son la Aliettita (arcilla), la Anortita (Plagioclasa) y la Illita.(Mica) y debido a su bajo peso específico estos minerales pueden ser transportados por los cursos fluviales a mayores profundidades.

En la plataforma continental, se determinó la presencia de 6 minerales: Cuarzo, Albita, Muscovita, Clorita, Riebeckita y Augita, relacionados con la contribución terrígena de los principales ríos del área de estudio. Las concentraciones de Cuarzo y Muscovita se incrementan hacia el oeste de la línea de costa, disminuyendo la Albita, Clorita, Augita y Riebeckita. La mayor concentración de Clorita se encuentra en el abanico fluvio-aluvial de los ríos Rímac y Chillón y las mayores concentraciones de cuarzo en los ríos de Mala y Rímac y de Albita en los ríos Lurín y Chancay.

3.5.1 MAPAS DE ISOVALORES DE LOS PRINCIPALES MINERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se han elaborado mapas de isovalores de los 6 principales minerales del área de estudio tales como Cuarzo, Albita, Clorita, Moscovita, Augita y Riebeckita, donde la concentración de **Cuarzo** se incrementa hacia el oeste de la línea de costa y se distribuye en la plataforma externa de manera uniforme en la zona de muestreo. (Fig.24)

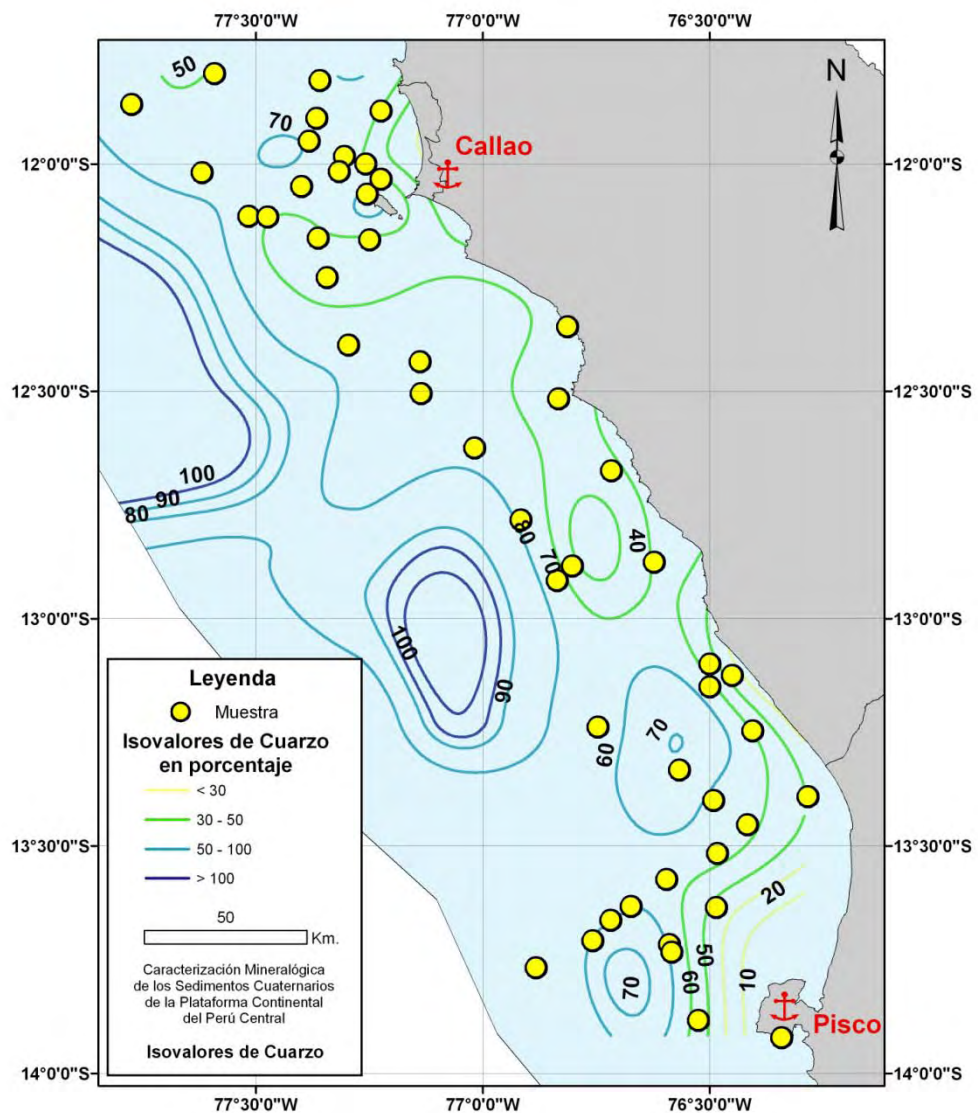


Fig. 24: Mapa de Isovalores de cuarzo

La concentración de **Albita** decrece al oeste de la línea de costa y los mayores valores se observan en el complejo Rímac y Chillón y en el río Matagente (12° S y $13^{\circ} 30'$ S), debido que en esta zona predominan secuencias volcánica sedimentaria marina que pertenecen al Grupo Casma y por intrusivos como la granodiorita y diorita por el Batolito de la Costa. (Fig. 25).

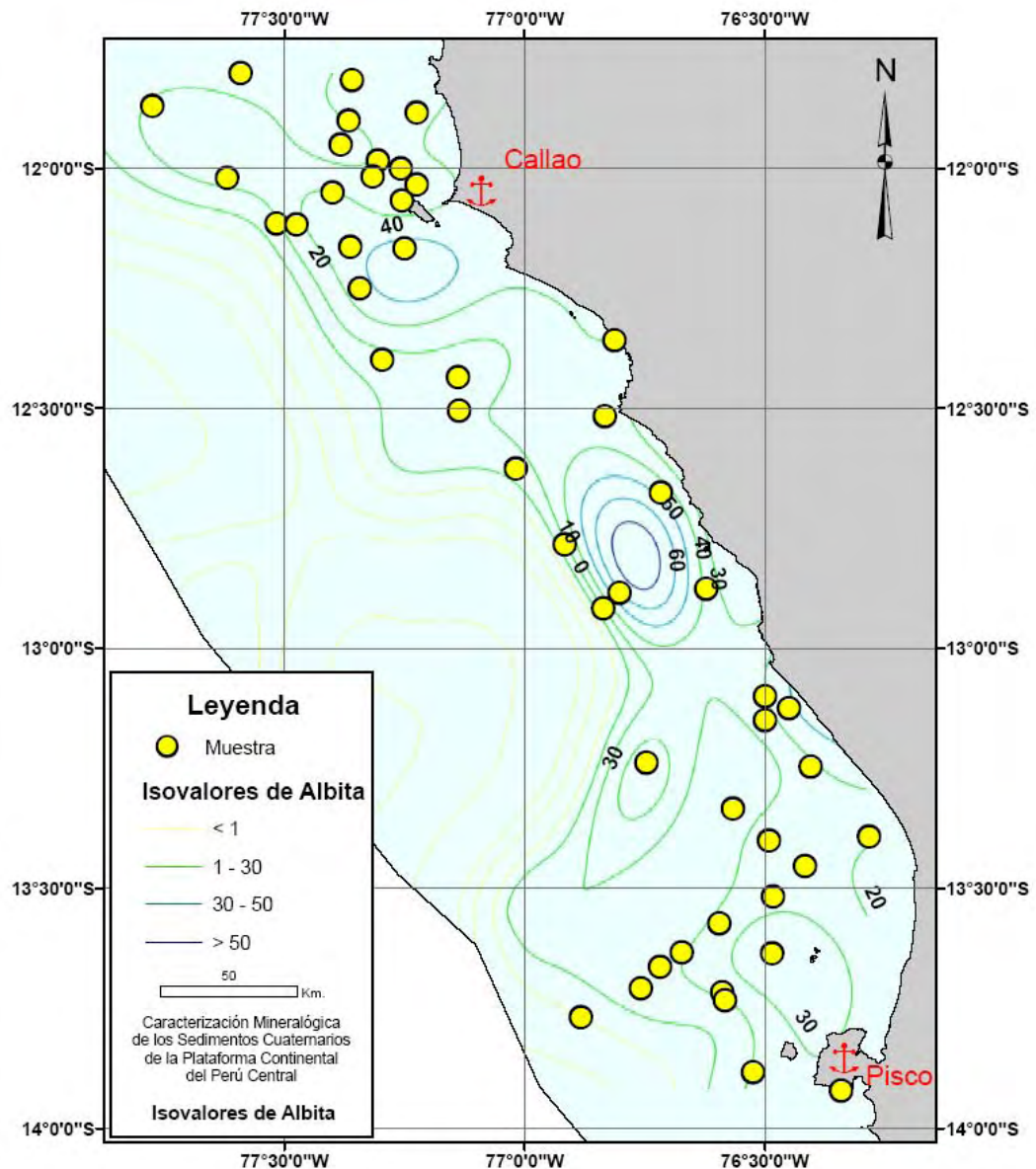


Fig. 25: Mapa de Isovalores de Albita

La concentración de **Augita** disminuye al oeste de la línea de costa. En la parte sur de la zona de estudio (13°S y 14°S) esta relación es menor tanto lejos o cerca de la línea de costa debido que tiene mayor corte del batolito. (Fig. 26).

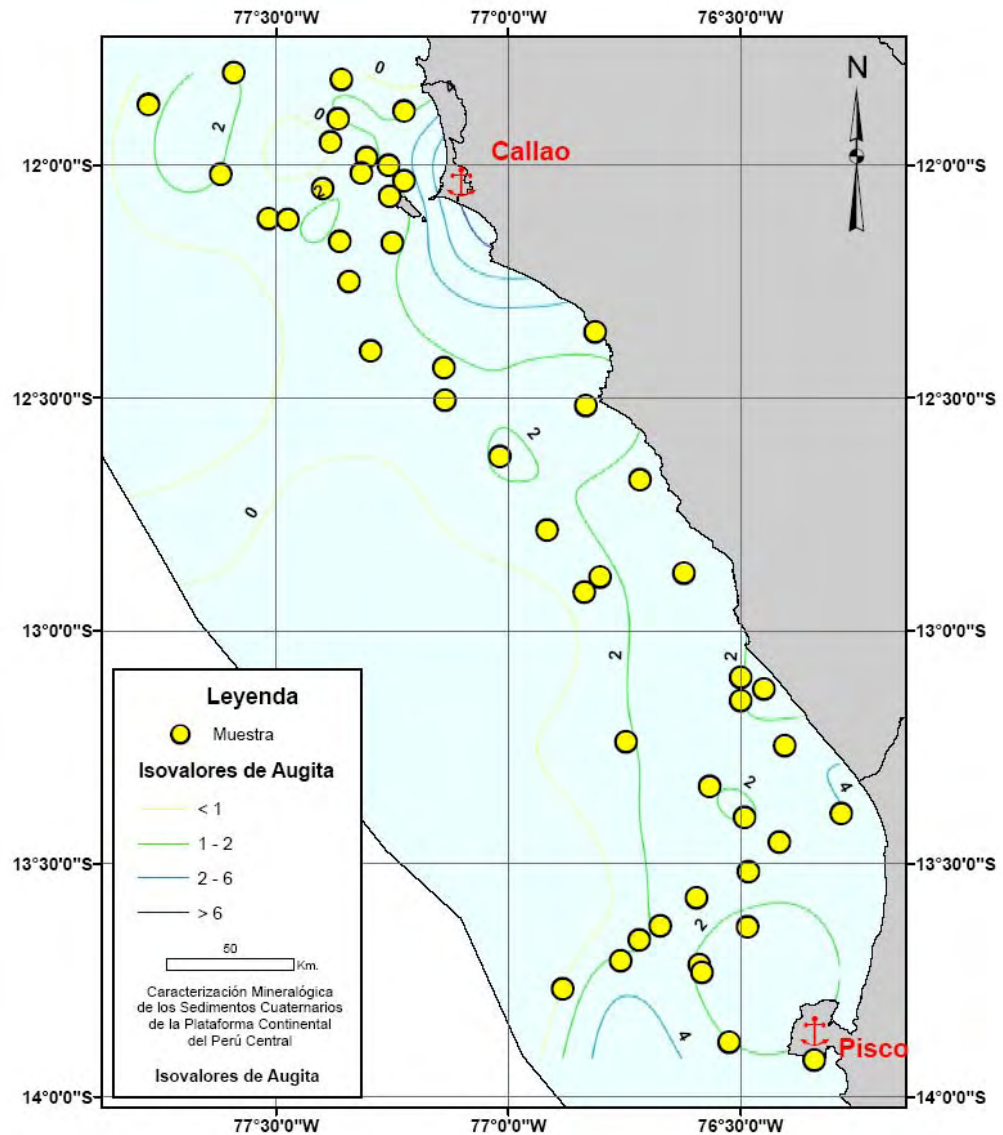


Fig.26: Mapa de Isovalores de Augita

La concentración de **Clorita** es menor al oeste de la línea de costa, entre 12°30'S y 13°S y luego se incrementa en la parte meridional hacia el borde del talud y talud superior (13°30'). Aumenta debido a que en esta zona predominan secuencias volcano-sedimentarias marinas que pertenecen al Grupo Casma. (Fig. 27).

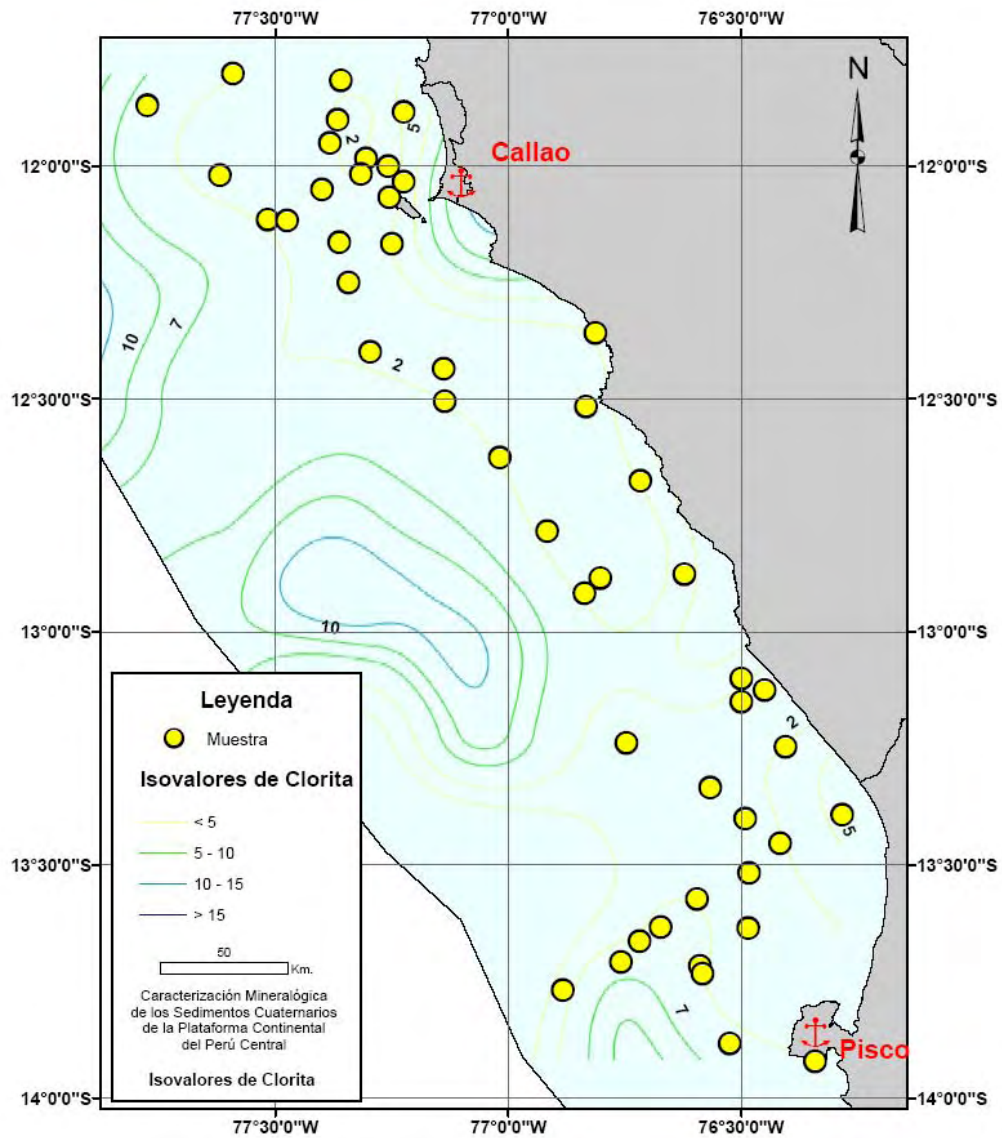


Fig. 27: Mapa de Isovalores de Clorita

La concentración de **Muscovita** se incrementa al oeste de la línea de costa entre 12°S y 13°S y disminuye entre los 13°S y 14°S, en el talud superior. Siendo la Muscovita un mineral de mica, se encuentra en las rocas ígneas como la diorita debido al Batolito de la Costa. (Fig. 28).

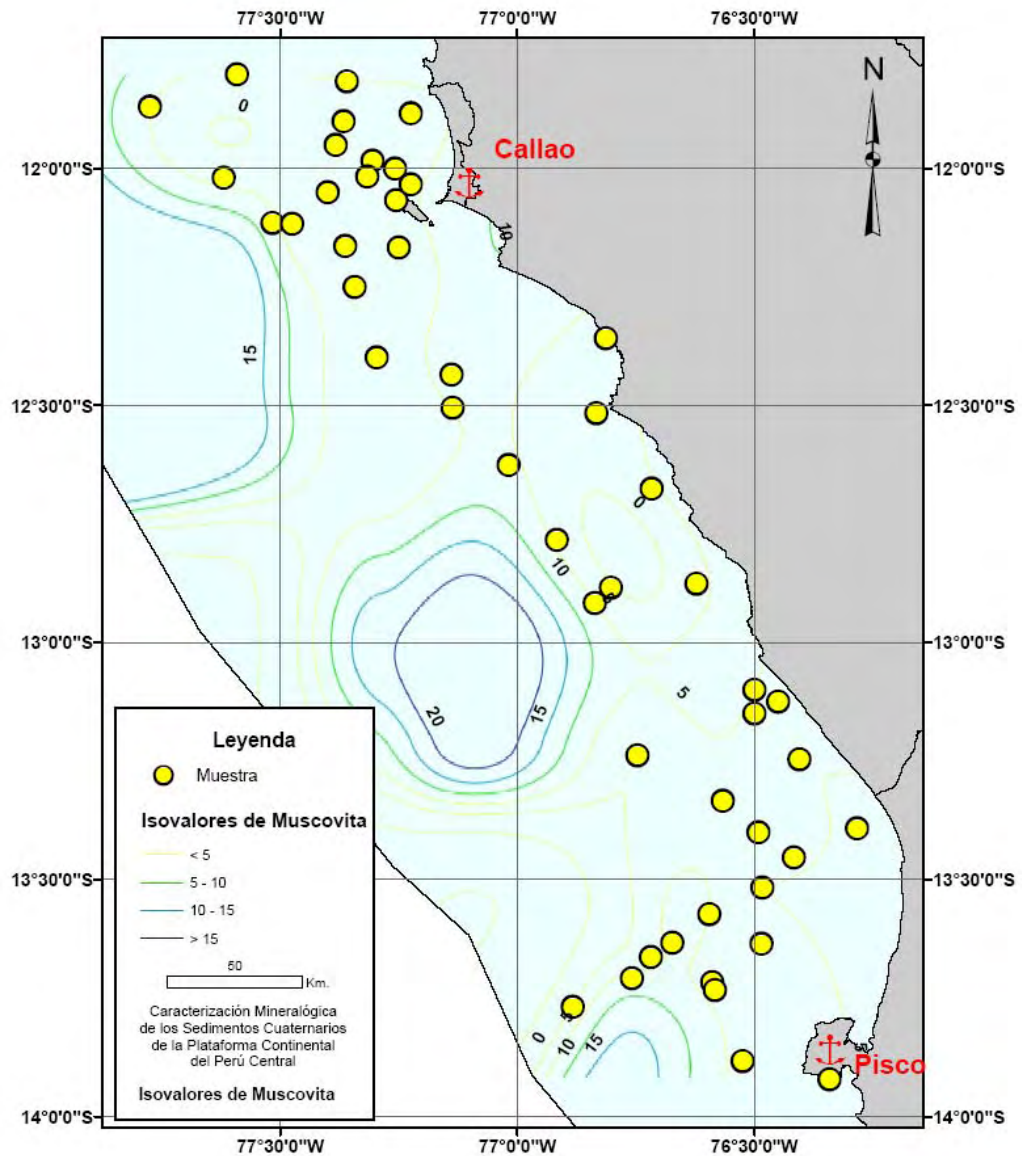


Fig. 28: Mapa de Isovalores de Muscovita

La concentración de **Riebeckita** es menor al oeste de la línea de costa, incrementándose en la zona de la plataforma interna. Esta relación aumenta en la parte sur según la profundidad. (Fig. 29).

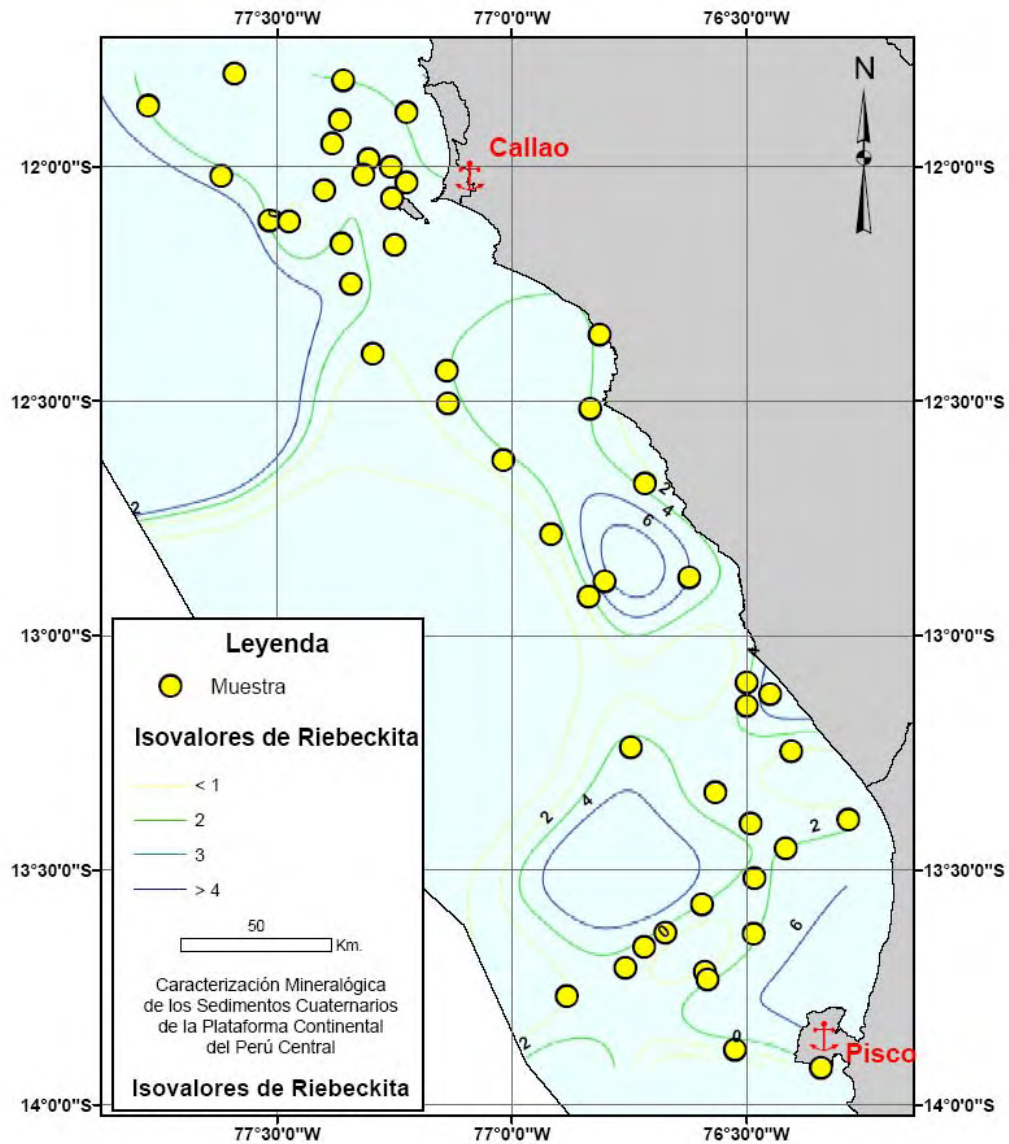


Fig. 29: Mapa de Isovalores de Riebeckita

CAPÍTULO 4
MINERALOGÍA DE LOS SEDIMENTOS FUVIALES DE LAS
ZONAS DE APORTE

MINERALOGÍA DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES DE LAS ZONAS DE APOORTE

4.1. INTRODUCCIÓN

Los grupos minerales y su grado de dispersión en la plataforma continental están en función de los materiales que provienen de los ríos, siendo necesario establecer su relación pues el transporte de sedimentos y los procesos fluviales asociados constituyen elementos importantes a considerar para la caracterización de sedimentos del sustrato marino. Estos incluyen tanto la carga de fondo como el sedimento en suspensión, así como el proveniente del cauce y de acción eólica cuya variabilidad temporal, espacial y su distribución está controlada por la competencia del flujo y la disponibilidad del sedimento.

En este capítulo se realiza el análisis mineralógico de 14 muestras de sedimentos fluviales colectadas cerca de la desembocadura de ocho ríos; río Chancay, Chillón, Rímac, Lurín, Mala, Cañete, Matagente y Pisco, a fin de conocer la relación entre su contenido mineralógico y los reportados en la plataforma continental. Las muestras fueron analizadas mediante el método de Dickinson.

4.2. GEOMORFOLOGÍA

La costa del pacifico es una de las unidades morfoestructurales, que se disponen en fajas paralelas a los andes del Perú central, con una configuración producto de procesos tectónicos y de la erosión, sea por la incisión de los ríos y torrentes y/o por la acción y la acumulación de arenas eólicas sobre grandes extensiones de la zona.

Los ríos que atraviesan el área son de régimen torrencial y constituyen los colectores de drenaje de sus respectivas cuencas ubicadas en la parte alta de la vertiente occidental. Estos ríos al llegar a la costa, dan lugar a los valles costeros, los cuales se ensanchan a medida que se aproximan al litoral. (Dávila et al., 1998)

Las pampas costaneras se desarrollan a lo largo de una faja paralela a la costa, limitada al oeste por la ribera litoral y al este por cadenas de cerros bajos que corresponden a los primeros contrafuertes andinos del piedemonte del pacífico con altitudes de hasta 200 m aproximadamente. Se caracterizan por presentar superficies onduladas y amplias con una pendiente de hasta 1° a 2° en su parte terminal; esta faja se extiende a lo largo del frente oceánico, localmente con algunas colinas y cerros bajos, entre los que destacan las Pampas de Imperial en Cañete. (INGEMMET, 1985)

Los acantilados están formados por los contrafuertes andinos y terrazas aluviales que llegan en algunos casos hasta la línea de costa, dando lugar a un perfil costanero irregular con acantilados de 20 m a 60 m de altura. Se caracterizan por presentar pequeñas ensenadas, puntas, cavernas, túneles naturales y otras formas intermedias (Teves, op.cit.).

Las islas como San Lorenzo, El Frontón y el Peñón de Pachacamac, son porciones de territorio separados del continente que presentan una topografía de cerros agudos bordeados de playas angostas, puntas y acantilados, constituidos esencialmente por rocas de edad mesozoica (Rosenzweig, 1953).

El borde litoral que comprende el área de tierra firme adyacente a la línea litoral, expuesta a la acción de las olas marinas, se extiende de NE a SE en forma de una faja delgada cuya anchura va desde la línea de Costa hasta una distancia que pueda variar de 1 a 2 km tierra adentro. Está configurada por Bahías (Ancón, El Callao y Chorrillos, San Bartolo y Pucusana), ensenadas, puntas, etc., formando playas abiertas por acumulación de arenas a través de corrientes litorales o por deriva litoral. Desde estas playas la arena es llevada al continente por acción eólica formando una unidad continua con la planicie costanera. (INGEMMET. 1980).

4.3. ESTRATIGRAFÍA

Las unidades litoestratigráficas que afloran en las estribaciones del área de aporte y que conforman las superficies de drenaje de estos hacia el pacífico, están comprendidos entre el Jurásico superior y el Neógeno. Estas unidades litoestratigráficas se disponen en

frangas paralelas de rumbo andino y con espesores que corresponden a la subsidencia que predominaba durante su sedimentación.

4.3.1 MESOZOICO

Las unidades formacionales que corresponden a este periodo se desarrollaron durante un régimen distensional y comprenden secuencias volcánicas y sedimentarias (Jaillard et al., 1990).

El Jurásico inferior de la costa del Perú central se compone esencialmente por rocas volcánicas y volcánico sedimentarias y está representado por secuencias del Titoniano, las que han sido ampliamente estudiadas por Rivera y Peterson (1975) y Palacios et al., (1992).

4.3.1.1 TITONIANO-BERRIASIANO

- Grupo Puente Piedra.- Compuesto por la Fm. Ventanilla, Fm.Santa Rosa, Fm. Puente Piedra, Fm. Puente Inga y Fm. Cerro Blanco (Rivera et al., 1975, Palacios et al. Op.cit), con una secuencia volcánica, volcánico sedimentaria y sedimentaria.
- Formación Puente Inga (Grupo Puente Piedra).- Unidad predominantemente sedimentaria, caracterizada por lutitas tobáceas fosilíferas, intercaladas con lavas volcánicas.
- Formación Ventanilla.- Unidad volcánico sedimentaria, constituida por limonitas y arcillas abigarradas.

4.3.1.2 CRETÁCICO INFERIOR

Los depósitos que pertenecen a este período son esencialmente siliciclásticos intercalados con algunos niveles de lutitas y carbonatos.

4.3.1.2.1 VALANGINIANO

- Grupo Morro Solar.- Las rocas pertenecientes a este grupo ocupan una faja de afloramiento en la zona costanera al oeste del Batolito de la Costa y también en la parte baja del flanco occidental andino. Esta constituido por tres unidades: Fm. Salto del Fraile, Fm. La Herradura y Fm. Marcavilca.

4.3.1.2.2 HAUTERIVIANO-BARREMIANO

- Formación Pamplona.- Unidad arcillo-calcárea que marca el inicio de una transgresión que alcanza su pleno desarrollo con la Fm. Atocongo.

4.3.1.2.3 APTIANO-ALBIANO

- Formación Atocongo.- Constituidas por una secuencia de calizas que alternan con margas, sills y lavas andesíticas intruídas por las facies marginales del Batolito de la Costa.

4.3.1.2.4 ALBIANO-CENOMANIANO

- El Albiano-Cenomaniano de la Costa del Perú Central se compone de secuencias volcánicas al oeste y secuencias volcánicas sedimentarias al lado oriental. Esta unidad es cortada en su parte central por unidades del Batolito de la Costa, las que pertenecen a la Superunidad Patap (Cobbing et al., 1981).

- Grupo Casma.- Secuencia volcánica sedimentaria marina en la parte inferior a volcánicos sub-aéreos en su parte superior, habiéndose diferenciado de abajo hacia arriba la Fm. Huarangal y la Fm. Quilmaná en el área de Lima; mientras que, en el lado norte de los departamentos de Ancash y Lima, está compuesta por la Fm. Punta Gramadal, Fm. La Zorra, Fm. Breas y Fm. Lupin. (Guevara, 1980). La base de este grupo la constituye la Formación Chilca que es una secuencia volcánico sedimentaria constituida en su parte inferior por calizas y rocas clásticas intercaladas con lavas volcánicas y en su parte superior solamente volcánica. En esta parte superior se tienen

las rocas volcánicas de la Fm. Quilmaná, unidad constituida por lavas andesíticas masivas poco estratificadas.

4.3.2 CENOZOICO

Representados por los sistemas Paleógeno y Neogeno los cuales se ubican tanto en cuencas de antearco ubicadas en la costa del departamento de Lima e Ica (Machare et al. Op.cit), como en las unidades que se ubican en las cuencas de antepaís en la alta cordillera.

4.3.2.1 PALEOGENO

- Formación Paracas, (Eoceno superior).- representa casi todo el litoral desde la península de Paracas hasta Cerro Alto y regionalmente llega hasta las vecindades de Cañete en el norte. Las rocas de estas unidades descansan sobre unidades metamórficas e intrusivas. Están compuestas principalmente por conglomerados, coquinas, tobas, diatomitas, y en ciertas partes de areniscas calcáreas.

4.3.2.2 NEOGENO

- Formación Pisco (Mioceno-Plioceno), secuencia detrítica de tobas y de diatomitas intercaladas de areniscas tobáceas y lutitas, que afloran en el río Pisco hasta el río Camaná.

4.3.3 CUATERNARIO

Conformado por los amplios depósitos inconsolidados fluvio-aluviales que se ubican en los valles a manera de terrazas, los mantos de arenas que conforman dunas longitudinales (trepadoras), y depósitos inconsolidados de playa conformado por rodados y arenas.

4.3.3.1 PLEISTOCENO

- Formación Cañete.- Es un conjunto litológico de conglomerados semiconsolidados con clastos redondeados y sub-redondeados de litología variada con matriz areno limosa. Sobreyace a una sección de diatomitas blancas y areniscas.

4.3.3.2 HOLOCENO (RECIENTE)

- Depósitos marinos

Son depósitos litorales caracterizados por materiales clásticos, llevados al mar como cargas por los ríos y también como resultado de la acción erosiva de las olas y distribuidas por corrientes marinas de deriva. Se tienen antiguos depósitos pleistocénicos constituidos por depósitos de abrasión de los cuales se tienen terrazas y zonas de marismas. Comprenden las acumulaciones de arenas limos y rodados redepositados y distribuidos por corrientes a lo largo del borde litoral.

- Depósitos aluviales

Constituidos por materiales acarreados por los ríos que bajan de la vertiente occidental andina cortando a las rocas Cenozoicas, Mesozoicas y al Batolito de la Costa. Los materiales aluviales pleistocénicos se encuentran formando los conos de deyección de los ríos Chancay, Rímac y Lurín y los depósitos aluviales recientes que se encuentran en el lecho actual de los ríos, los que en áreas planas y bajas de los valles puedan alcanzar amplitud como la que se observa en la desembocadura de los ríos Rímac y Lurín.

- Depósitos eólicos

Se encuentran emplazados en casi todas las proximidades de la costa, ingresando a diferentes distancias tierra adentro, siguiendo la topografía local y la dirección preferencial de los vientos. Estos depósitos presentan generalmente una superficie con ondularidad a manera de rizaduras (ripple marks) y forman depósitos de dunas y acumulaciones arcillosas. Los depósitos eólicos tienen su procedencia en las arenas de playa formadas por la acción de las olas o de los sedimentos llevados al mar por los ríos y distribuidos por las corrientes marginales a lo largo del litoral.

Abreviatura	Descripción
Qh-c	Cuaternario holoceno-continental.
Qpl-c	Cuaternario pleistoceno-continental
Nmp-v	Neógeno mioceno plioceno-volcánico.
Nm-vs	Neógeno mioceno-volcánico sedimentario.
Np-v	Neogeno plioceno-volcánico
PN-vs	Paleógeno Neógeno -volcánico-Sedimentario.
Pe-m	Paleógeno eoceno-marino
Pe-vs	Paleógeno eoceno-volcánico sedimentario.
KsP-c	Cretáceo superior Paleógeno-continental.
Kis-m	Cretáceo inferior superior-marino.
Kis-vs	Cretáceo inferior superior-volcánico sedimentario
Ki-m	Cretáceo inferior-marino.
Ki-mc	Cretáceo inferior –marino continental
TsJi-m	Triásico superior Jurásico inferior-marino
JsKi-mc	Jurásico superior Cretáceo inferior-.marino continental.
JsKi-vs	Jurásico superior Cretáceo inferior-volcánico sedimentario.
P-to/gd	Paleógenos-tonalitas/ granodioritas
N-an/ri	Neógeno-andesita/ rolita.
P-an/ri	Paleógeno- andesita/ rolita.
N-gd/to	Neógeno-granodiorita/tonalita.
PN-mgr/gr	Paleógeno Neógeno-monzogranito/granito
P-to/gd-sy	Paleozoico-tonalita/granodiorita-Sayán
Kp-to/gd	Cretáceo paleógeno-tonalita/granodiorita.
Ks-an	Cretáceo superior-andesita
Ks-di/to/gd	Cretáceo superior-diorita/tonalita/granodiorita
Ks-gd/to-pa	Cretáceo superior-granodiorita/tonalita-pataz
Ks-mzgr/gdi-sr	Cretáceo superior- monzogranito/granodiorita- santa rosa
Ki-di/gb-pt	Cretáceo inferior-diorita/gabro-pataz
Ki-mzgr/gdi-j	Cretáceo-monzogranito/granodiorita.
Ki-mzgr/gdi-t	Cretáceo inferior-.monzogranito/granodiorita.

Tabla 3: Abreviaturas geológicas

4.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Se detalla las cuencas hidrográficas involucradas en la zona de estudio a fin de esquematizar su influencia con las unidades formacionales. Cada cuenca comprendida tiene una leyenda cuyas abreviaturas se han agrupado en la Tabla 3.

4.4.1 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHANCAY

La Cuenca del río Chancay tiene un área de 3.281.20 km.² y una longitud 110 km. Su pendiente promedio es de 3% y el grado de ramificación es de 5to orden. Atraviesa formaciones con edades del Cretáceo inferior al Cuaternario reciente las cuales corresponden a rocas andesíticas y metavolcánicas de la Formación Quilmaná, a brechas piroclásticas de la Formación Huarangal, (Grupo Casma), areniscas de la Formación Morro Solar y rocas intrusivas del Batolito de la Costa. Dávila, S., & Celi, C., (1994). (Fig.30).

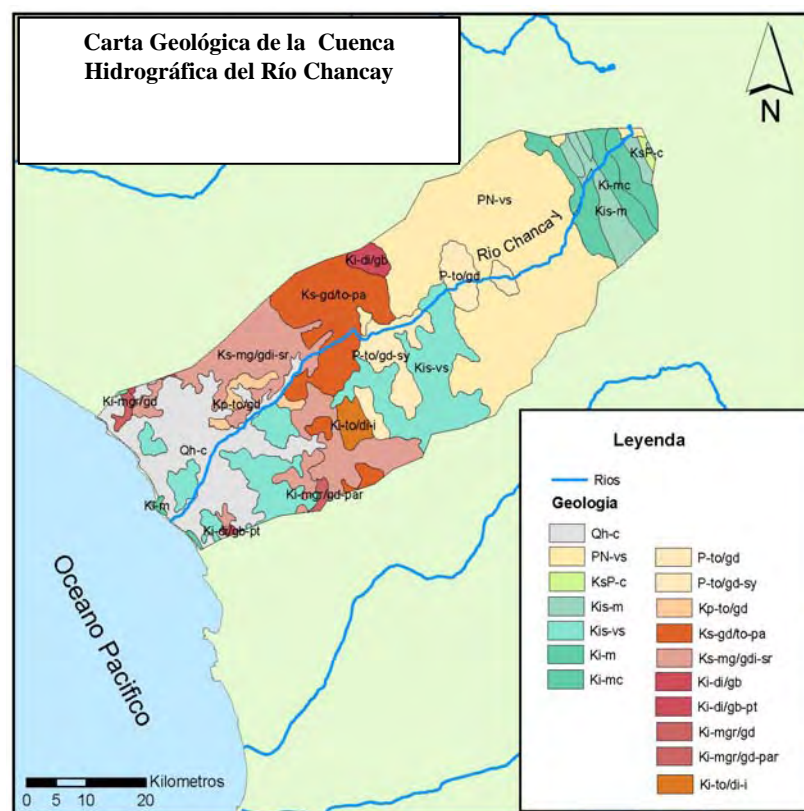


Fig. 30: Cuenca del río Chancay

4.4.2 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHILLÓN

La Cuenca del río Chillón tiene un área de 2,205 Km², y una longitud de 120 km, teniendo la mayor pendiente un promedio de 7.5%. El río atraviesa formaciones de edad Jurásico hasta Cuaternario y corresponden a areniscas cuarzosas del Morro Solar, rocas andesíticas del Grupo Puente Piedra, Formación Santa Rosa, Grupo Casma y rocas intrusivas del Batolito de la Costa. Pérez (1978), (Fig. 31).

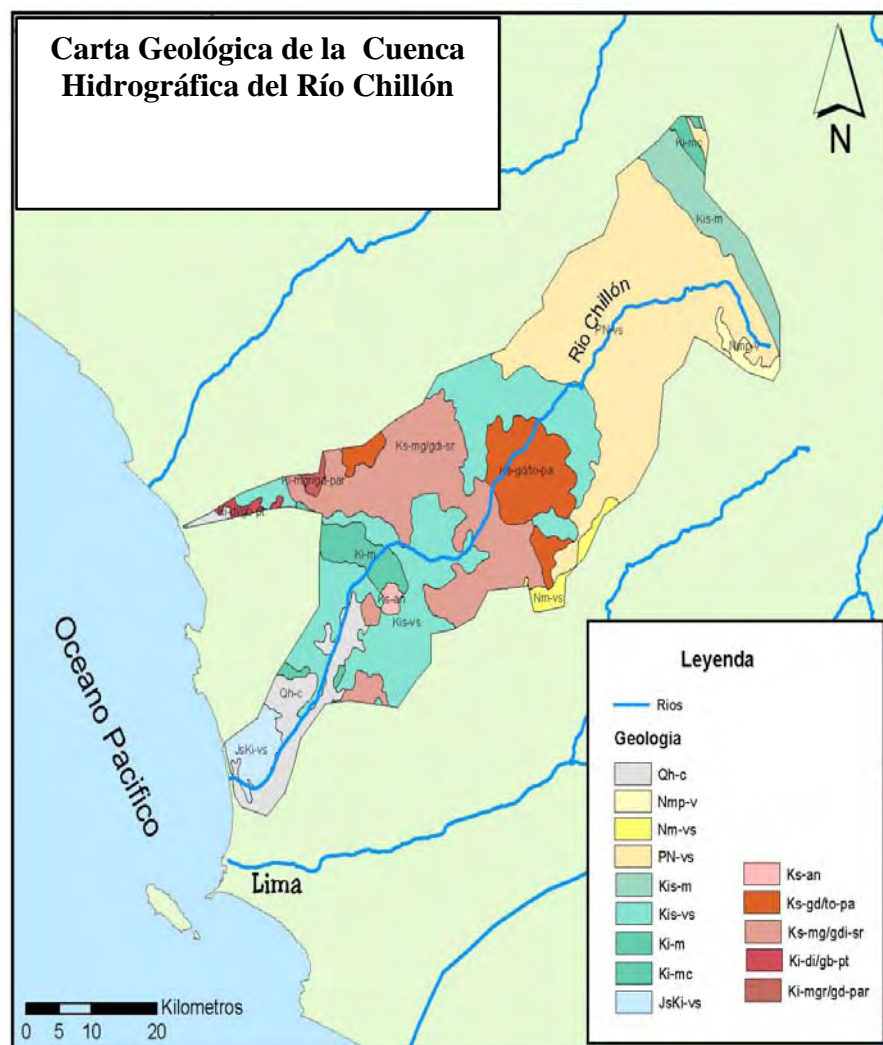


Fig. 31: Cuenca del río Chillón

4.4.3 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO RÍMAC

La Cuenca del río Rímac cubre un área de 3,132 km² y su grado de ramificación es de 4to orden. Atraviesa formaciones del Cretácico inferior hasta el Cuaternario reciente, las cuales corresponden a rocas andesíticas del Grupo Casma, Grupo Calipuy y rocas intrusivas provenientes del Batolito de la Costa. INGEMMET (1980), (Fig. 32).

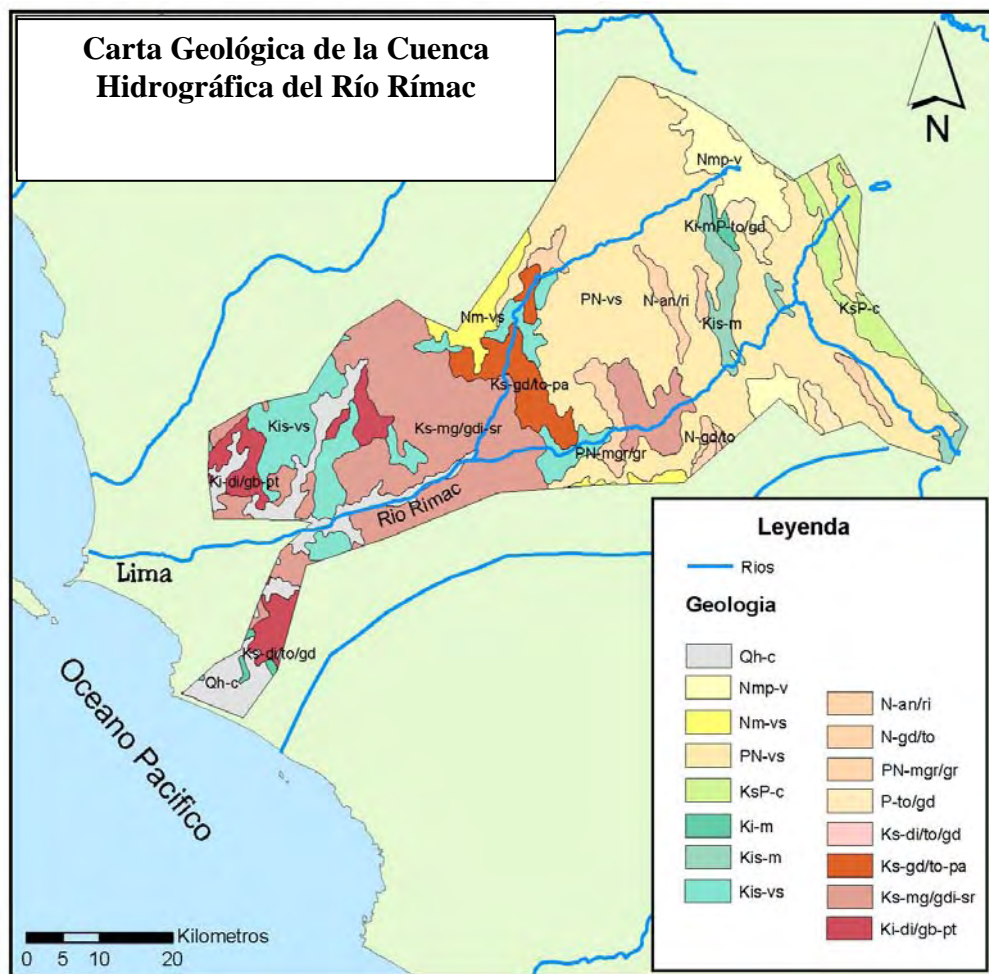


Fig. 32: Cuenca del río Rímac

4.4.4 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LURÍN

La Cuenca de río Lurín tiene un área de 1,852 m², y su grado de ramificación es de 5to orden, Atraviesa formaciones del Cretácico inferior hasta el cuaternario reciente las cuales corresponden a rocas calcáreas de la Formación Pamplona y Formación Atocongo, andesitas del Grupo Casma, Grupo Calipuy, y las rocas intrusivas del Batolito de la costa Davila, S., & Valenzuela, G., (1996), (Fig. 33).

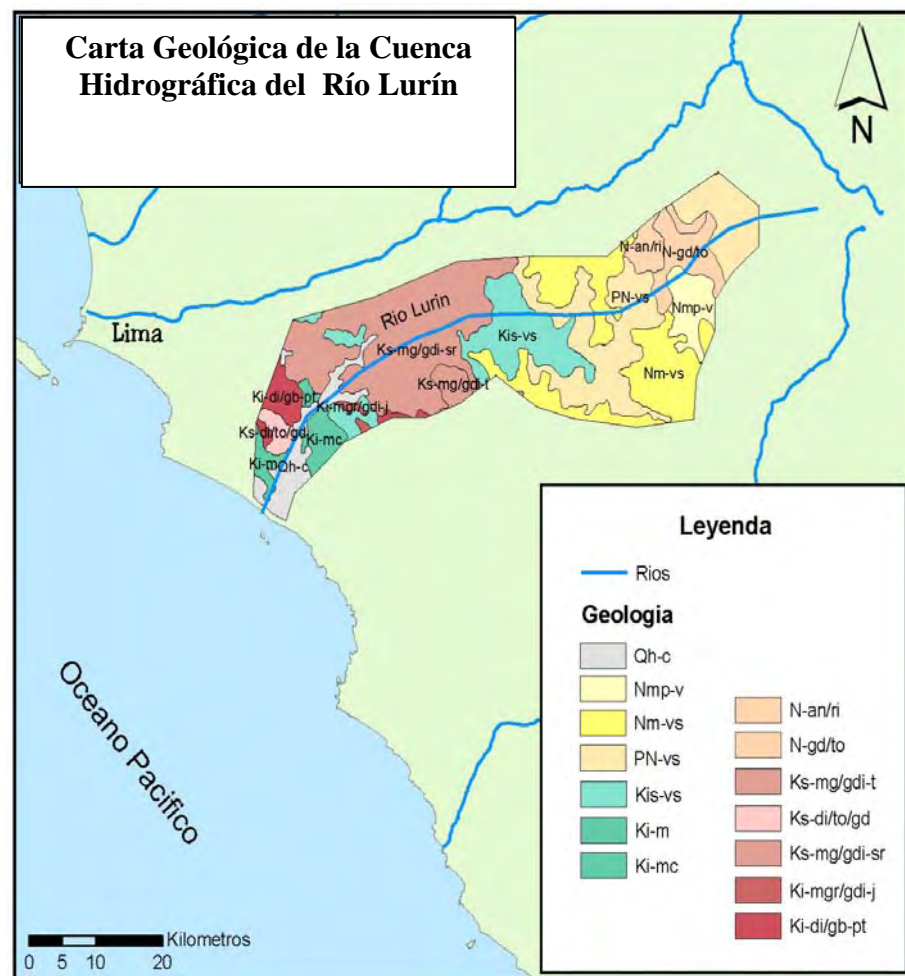


Fig. 33: Cuenca del río Lurín

4.4.5 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MALA

La Cuenca del río Mala, esta constituida por lutitas, margas y calizas y secuencias de derrames volcánicos del Terciario de composición andesítica y dacítica con brechas y aglomerados así como los depósitos cuaternarios, aluviales, eluviales y los conos de escombros.(Fig.34).

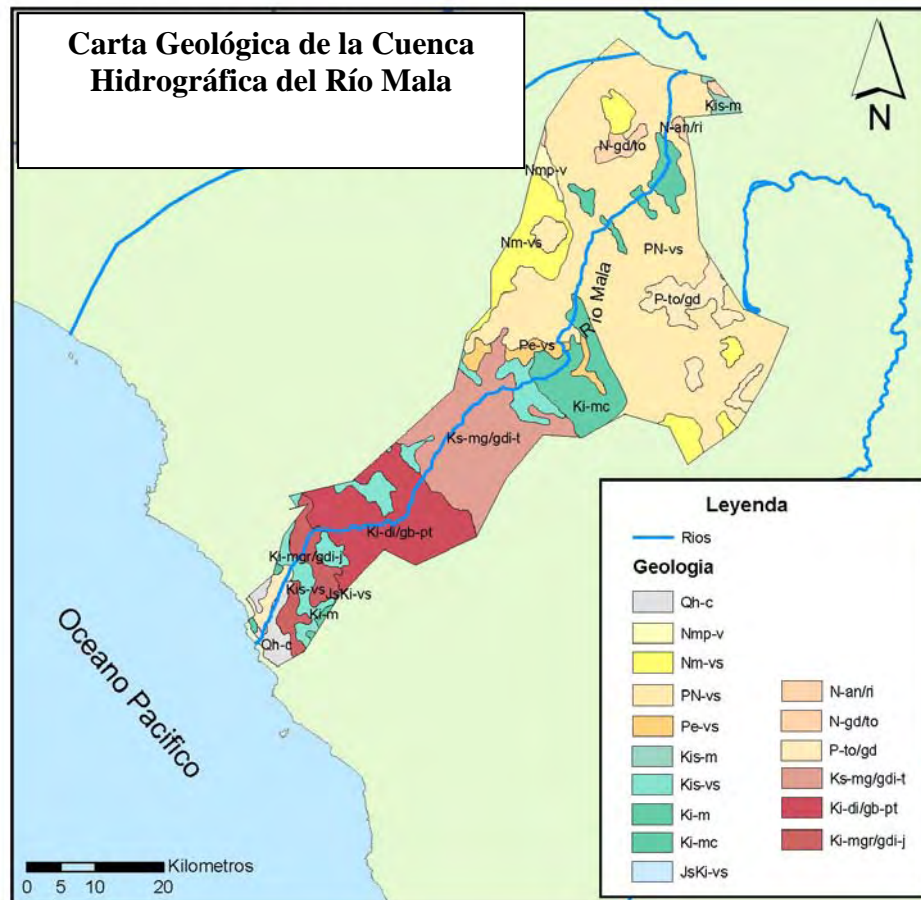


Fig. 34: Cuenca del río Mala

4.4.6 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAÑETE

La Cuenca del río Cañete tiene un área de 6,148 km² y presenta la mayor longitud de los ríos estudiados con un recorrido de 203 km. y un drenaje de 5to orden. El río atraviesa formaciones desde el Jurasico inferior al Cuaternario, las cuales corresponden a rocas ígneas que forman parte del Batolito de la Costa y el Grupo Casma. INGEMMET, (1985), (Fig. 35).

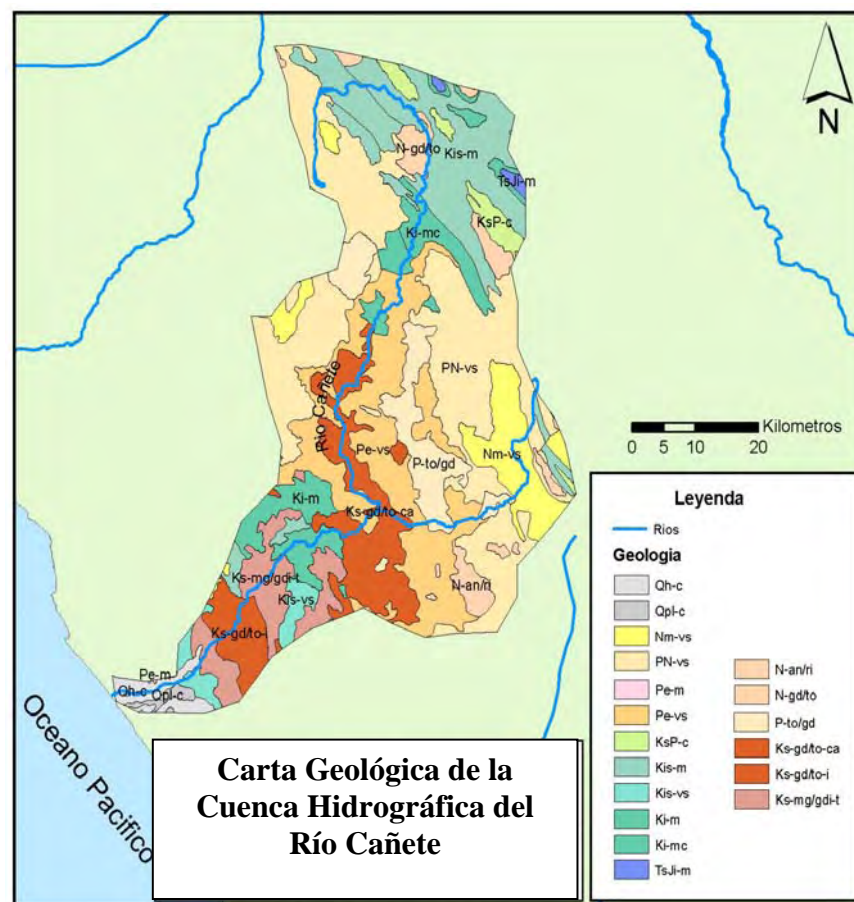


Fig. 35: Cuenca del río Cañete

4.4.7 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MATAGENTE

La Cuenca de río Matagente cubre un área de 4,063 km² y presenta un drenaje de 4to orden. Corta formaciones del Jurásico superior al Cuaternario reciente, las cuales corresponden a rocas andesíticas del Grupo Casma y rocas intrusivas del Batolito de la Costa. INGEMMET (1988), (Fig.36).

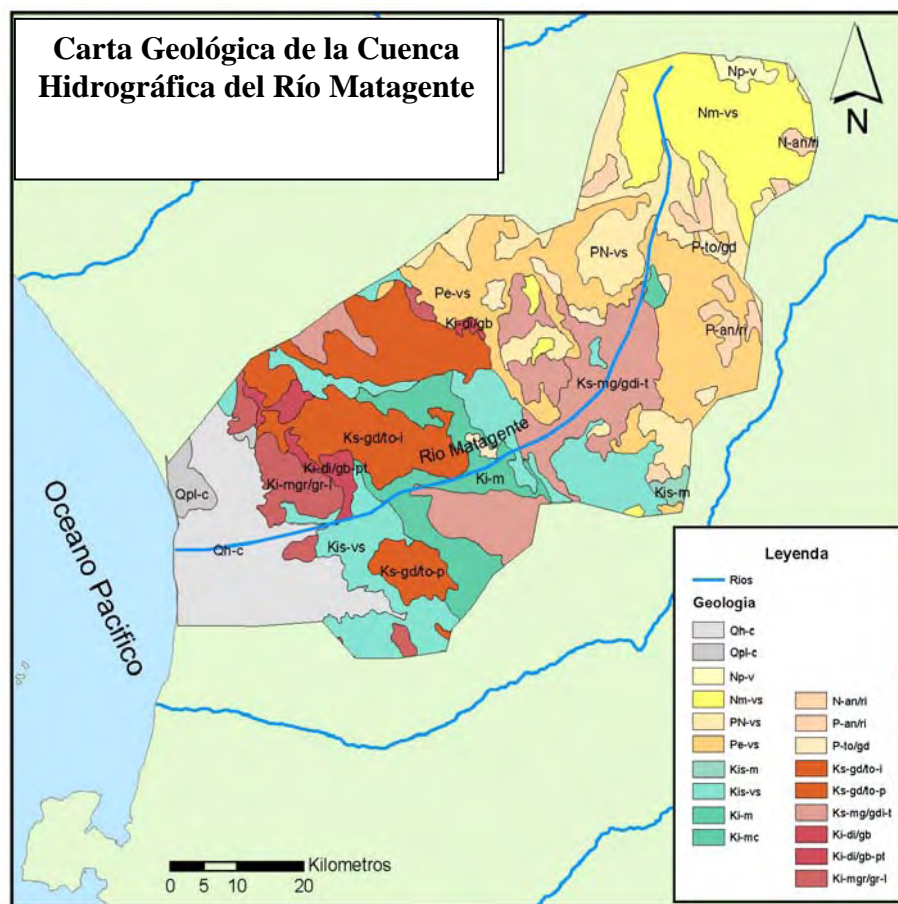


Fig. 36: Cuenca del río Matagente

4.4.8 CUENCA HIROGRÁFICA DEL RÍO PISCO

La Cuenca del río Pisco tiene un área de 4,333 km², presenta una longitud de 187 km., con una pendiente del 2.56% y presenta un drenaje de 4to orden. Corta formaciones del Jurásico superior al Cuaternario reciente, las cuales corresponden a las areniscas cuarzosas del Grupo Goyllarisquizga, tobas del Grupo Castrovirreyna y rocas intrusivas del Batolito de la Costa. INGEMMET (1981) (Fig. 37).

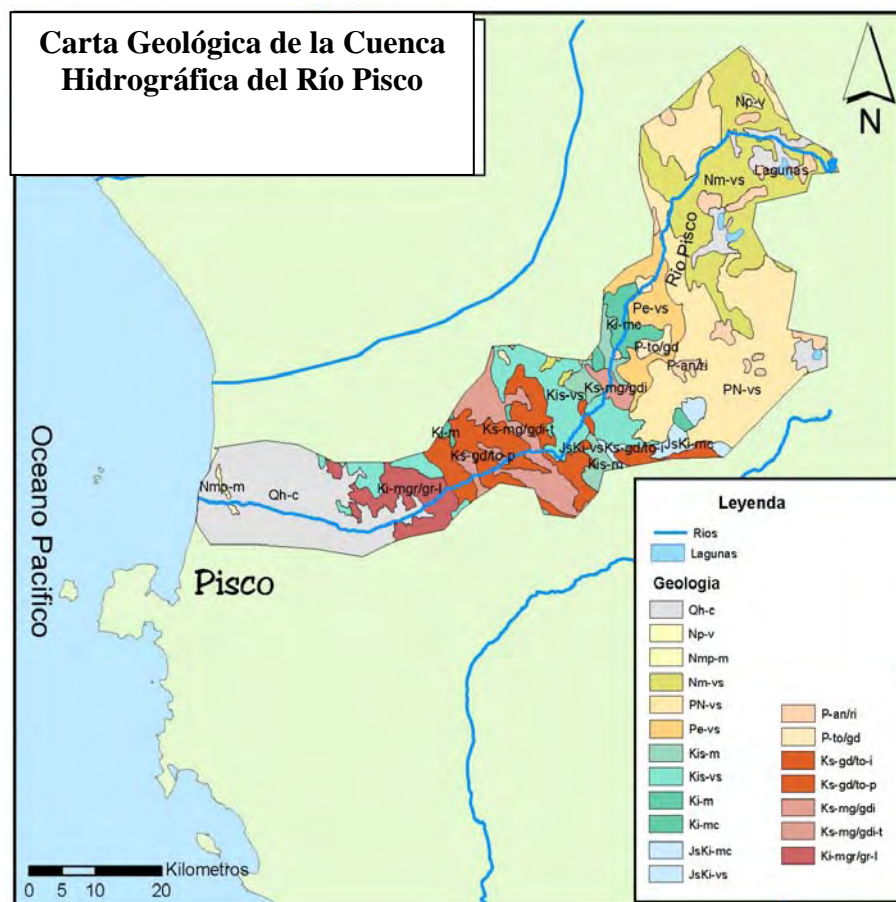


Fig. 37: Cuenca del río Pisco.

4.5 UBICACIÓN DE LAS MUESTRAS

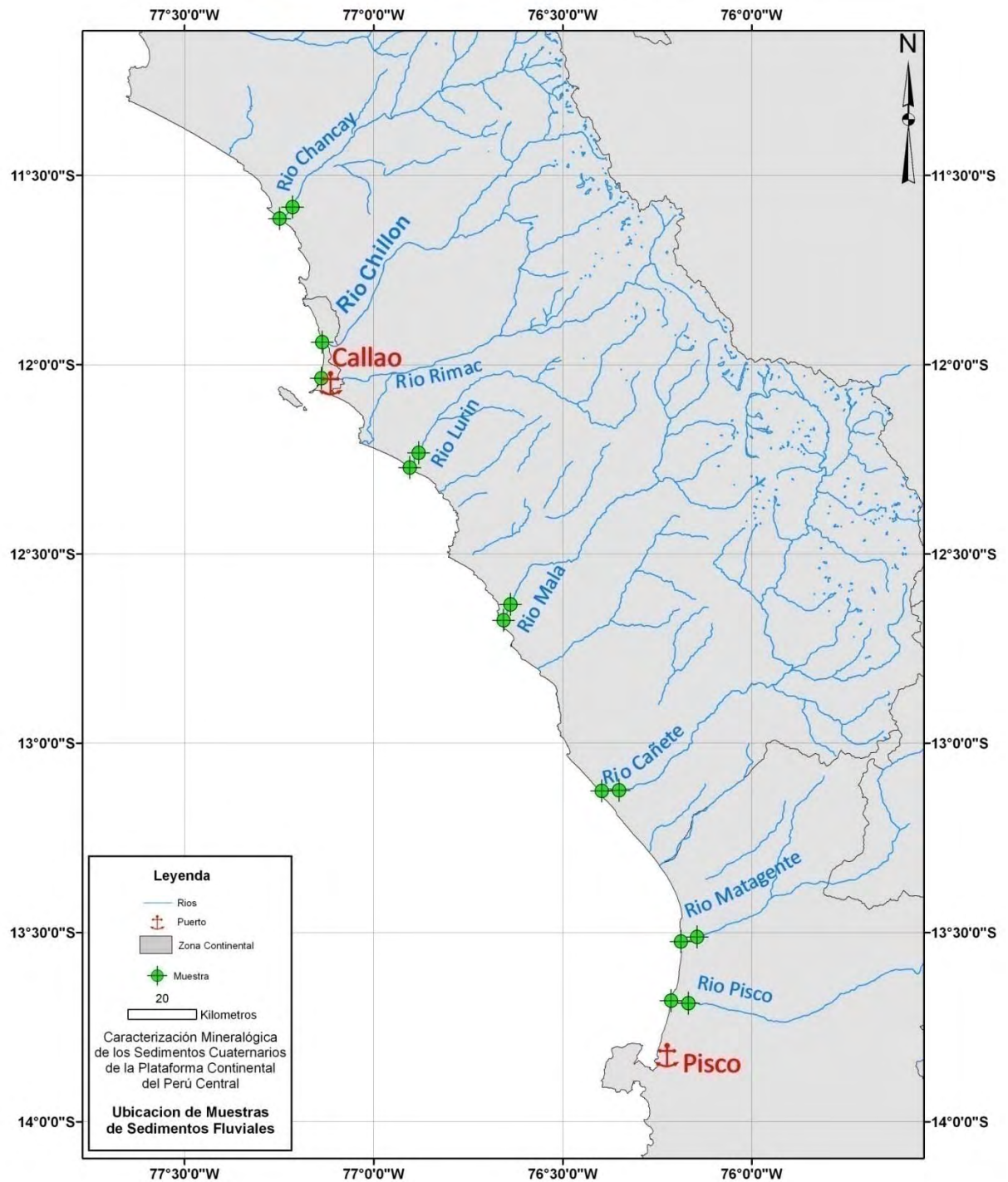


Fig. 38: Ubicación de las muestras de sedimentos fluviales en el continente.

4.5.1 RELACIÓN DE MUESTRAS

N°MUESTRA	CÓDIGO	RÍO	UBICACIÓN
1	CHA1	CHANCAY	Desembocadura
2	CHA2		2Km.aguas arriba
3	CHI1	CHILLÓN	Desembocadura
4	RIM1	RÍMAC	Desembocadura
5	LUR1	LURÍN	Desembocadura
6	LUR2		2Km.aguas arriba
7	MAL1	MALA	Desembocadura
8	MAL2		2Km.aguas arriba
9	CAÑ1	CAÑETE	Desembocadura
10	CAÑ2		2Km.aguas arriba
11	MAT1	MATAGENTE	Desembocadura
12	MAT2		2Km.aguas arriba
13	PIS1	PISCO	Desembocadura
14	PIS2		2Km.aguas arriba

Tabla 4: Datos de las muestras fluviales entre los 11° 30' Y 14°00' Latitud Sur

4.6 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se extrajeron muestras de los ríos: Chancay, Chillón, Rímac, Lurín, Mala, Cañete, Matagente y Pisco. En cada uno de ellos se tomaron dos muestras, una en la desembocadura y otra a 2 Km aguas arriba excepto en los ríos Rímac y Chillón donde por efectos de contaminación ambiental, no pudo tomarse la muestra.

En este estudio se aplicó el método de Dickinson para conocer el aporte de los minerales de la plataforma continental, realizándose muestreos en los principales ríos de la zona de estudio con el objeto de determinar su proveniencia. Se utilizó la fracción de arena media (malla 60= 0.25mm) y de arena fina (malla 120= 0.125mm); de cada muestra, según la escala de Wenworth. Estas muestras fueron preparadas para su observación microscópica utilizando la técnica de slides sobre portaobjetos y usando como medio de montaje el bálsamo de Canadá (Schrader, H.-J,1974).

Para el análisis de difracción de rayos X (DRX), se analizaron solo las muestras ubicadas en la desembocadura de cada río.

4.6.1 MUESTREO DE LOS SEDIMENTOS FLUVIALES

Las muestras de sedimentos fluviales fueron recolectadas en forma sistemática a lo largo de la costa y en la desembocadura de los principales ríos. Para la toma de muestras se procedió a hacer calicatas de 1 m., de profundidad ubicadas en la llanura de inundación de los ríos o las terrazas más recientes y se tomaron dos muestras: una en la desembocadura y otra a 2 o 3 Km. aguas arriba. El objetivo de su estudio fué identificar la naturaleza de los litoclastos y minerales y en base a esto relacionarlas con la litología de las áreas fuente. (Fig. 39).



Fig. 39: Recolección de muestras en terrazas recientes en desembocadura del río Cañete

4.6.2 TRATAMIENTO DE MUESTRAS DE SEDIMENTOS FLUVIALES

El tratamiento de las muestras para su análisis por difracción de rayos X consistió en la reducción de la materia orgánica, su tamizado y desagregación física. Para ello, se utilizó 50 gr. de muestra y se eliminó la materia orgánica (ver Cap.3). Posteriormente, se tamizó la muestra vertiéndola en un juego de tamices marca Tayler de media altura, de 8 pulg. de diámetro y de malla de acero tipo ASTM-11; luego se vuelve a tamizar en el de mayor abertura de malla (-1 dim. = 2.0mm) y se tapa. Todo el conjunto se hace funcionar en un agitador durante 15 minutos y se verte el contenido retenido de cada tamiz ayudándose de una brocha y se pesa la fracción correspondiente tomando nota de los resultados.

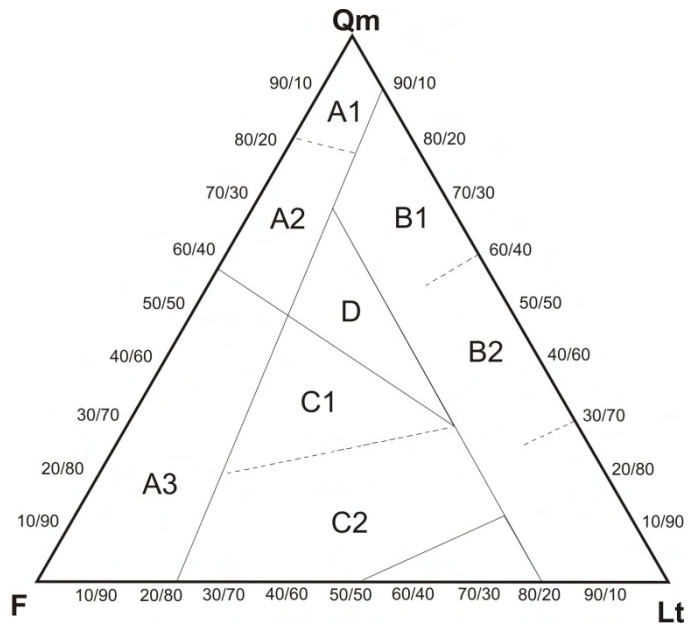
La fracción que pasa el tamiz 4 dim. = 0.0625mm, cae en el plato y se verte en la probeta que contiene el material fino el cual es sellado herméticamente con un tapón, para luego ser filtrado, obteniéndose el material más fino (limo-arcilla).

4.6.3 METODO DE DICKINSON

El método de Dickinson se basa en el conteo de 300 granos de arenas terrígenas que luego serán ploteadas en los diagramas triangulares composicionales que son Qm (Cuarzo monocrystalino), F (Feldespatos), Lt. (Líticos), de modo que forman estructuras que reflejan varios tipos de proveniencia y que dependen de la configuración tectónica del área. Existen tres tipos principales de orígenes: de bloque continental, de arcos magmáticos y orogénicos reciclados, fig.40 (Dickinson 1970; Ingersoll y Suczek 1979).

Para el conteo de granos se consideró la Tabla de Parámetros de los Granos (Dickinson, op.cit; Ingersoll y Suczek op.cit), según la cual deben de contarse granos de cuarzos policristalinos y monocrystalinos, feldespatos, líticos (volcánicos, plutónicos, metamórficos y sedimentarios). Una vez obtenidos los datos de los parámetros se recalcularon dichos parámetros aplicando la tabla 5. Finalmente se plotearon los datos en el triángulo Qm, F, Lt, con el fin de conocer la proveniencia de los sedimentos. (fig 41).

Para el estudio microscópico se utilizó el microscopio de luz polarizada de marca Leitz.



A1	Cratón interno
A2	Transicional-continental
A3	Basamento levantado
B1	Cuarzo reciclado
B2	Transicional
B3	Lítico
C1	Arco disectado
C2	Arco transicional
C3	Arco no disectado
D	Mixto

Fig.40: Gráfica del triangulo a plotear con sus significados

PARÁMETROS DE LOS GRANOS

(Según DICKINSON 1970; INGERSOLL y SUCZEK 1979).

Q = $Q_m + Q_p$
F = $P + K$
L = $L_v + L_m + L_s + L_p$
L_{vm} = $L_v + x L_m$ (donde x varía de 0 a 1)
L_{sm} = $L_s + (1 - x) L$ (operacionalmente L _{sm} salmente equivale a L _s +L _m)
Armazón = $Q + F + L + M + D + \text{misc}$
QFL % Q = $100 Q / (Q + F + L)$
QFL % L = $100 L / (Q + F + L)$
Armazón % M = $100 M / \text{Fragmentos}$
Armazón % D = $100 D / \text{Fragmentos}$
L_mL_vL_s % L_m = $100 L_m / (L - L_p)$
L_mL_vL_s % L_v = $100 L_v / (L - L_p)$
L_mL_vL_s % L_s = $100 L_s / (L - L_p)$
QpL_{vm}L_{sm} % Q_p = $100 Q_p / (L - L_p + Q_p)$
QpL_{vm}L_{sm} % L_{vm} = $100 L_{vm} / (L - L_p + Q_p)$
QpL_{vm}L_{sm} % L_{sm} = $100 L_{sm} / (L - L_p + Q_p)$
QmFLt % Q = $100 Q / (Q_m + F + L_t)$
QmFLt % F = $100 F / (Q_m + F + L_t)$
QmFLt % L_t = $100 L_t / (Q_m + F + L_t)$

Q _p : cuarzo policristalino	L _m : líticos metamórficos
Q _m : cuarzo mono cristalino	L _s : líticos sedimentarios
P: feldespato plagioclasea	L _p : líticos plutónicos
K: feldespato potásico	M: filosilicatos
L _v : líticos volcánicos-hipabisales	D: minerales densos
Misc.: Micelaneos y no identificados	x: fracción de meta volcánicos en L _m .

Tabla 5: Recálculo de los parámetros.

4.7 RESULTADOS

4.7.1 ANÁLISIS DE DICKINSON

Para el Análisis de Dickinson (1984), se consideró analizar las arenas grano medio a fino (Wenworth, 1922), por la mayor concentración y variedad de granos minerales que se concentran. Las mallas utilizadas fueron la N° 60 = 0.25mm (arena media) y N° 120 = 0.125mm (arena fina), obteniéndose 28 muestras de sedimentos, preparándose luego sus respectivas láminas delgadas. De estas láminas, se hizo la determinación mineralógica mediante la observación de 300 puntos de conteo cuyos parámetros se presentan en la Tabla. 5, los datos obtenidos en el conteo, en las Tablas N° 6 y 7, y los datos recalculados, en las Tablas N° 8 y 9.

<u>Primarios</u>	<u>Secundarios</u>
Qm: Cuarzo monocristalino	Q: Cuarzo Total
Qp: Cuarzo policristalino	F: Feldespato Total ($F = P + K$)
P: Plagioclasa	L: Suma de líticos inestables ($L = L_s + L_v + L_m + L_p$)
K: Feldespato potásico	Lt: Suma total de líticos ($L_t = L + Q_p$)

Muestra	Mineralogía: Tamiz N° 60										
	Qp	Qm	P	K	F	Lv	Lm	Ls	Lp	M	Misc
CHA-001	1	63	27	24	51	64	1	-	4	6	42
CHA-002	5	58	19	86	105	1	-	-	4	6	86
CHI-001	8	41	9	17	26	21	4	9	22	3	43
RIM-001	-	16	12	4	16	12	7	-	14	5	64
LUR-001	10	32	19	10	29	12	-	-	-	12	20
LUR-002	-	71	14	185	199	-	-	-	-	2	66
MAL-001	2	21	5	35	40	13	-	-	12	5	65
MAL-002	-	58	8	284	292	-	-	-	-	7	87
CAÑ-001	1	59	17	41	58	11	1	-	3	7	57
CAÑ-002	1	76	13	146	159	-	-	-	2	8	68
MATG-001	1	45	7	39	46	15	1	-	4	14	44
MATG-002	-	60	18	113	131	1	-	-	-	11	69
PIS-001	29	20	13	11	24	14	9	1	12	15	47
PIS-002	1	52	21	119	140	-	-	-	-	2	50

Tabla 6: Conteo de los minerales del tamiz N° 60

Muestra	Mineralogía: Tamiz N° 120										
	Qp	Qm	P	K	F	Lv	Lm	Ls	Lp	M	Misc
CHA-001	3	52	17	9	26	24	1	6	7	47	230
CHA-002	-	64	16	192	208	8	2	-	11	20	174
CHI-001	3	51	27	116	143	1	-	-	-	38	128
RIM-001	1	66	39	9	19	19	-	1	-	19	152
LUR-001	17	103	54	22	76	8	-	2	-	27	40
LUR-002	-	82	22	258	280	15	-	-	10	16	177
MAL-001	-	72	11	76	87	5	1	-	7	19	345
MAL-002	-	150	29	298	327	15	-	-	11	43	221
CAÑ-001	-	170	46	77	123	4	1	-	3	34	152
CAÑ-002	-	115	26	224	250	14	4	-	11	38	201
MATG-001	3	131	29	66	95	26	-	-	15	31	144
MATG-002	2	102	19	179	198	5	1	1	1	19	246
PIS-001	-	102	35	84	119	9	1	-	1	52	96
PIS-002	-	105	30	219	249	10	-	1	14	23	105

Tabla 7: Conteo de los minerales del tamiz N° 120

Muestras	Q	F	L	Qm	F	Lt	Lm	Lv	Ls	Qp	Lvm	Lms	Qm	P	k
CHA-001	35	28	38	34	28	38	2	98	0	2	97	2	55	24	21
CHA-002	36	61	3	34	61	6	0	100	0	83	17	0	36	12	53
CHI-001	37	20	43	31	20	49	12	62	26	24	64	39	61	13	25
RIM-001	25	25	51	25	25	51	37	63	0	0	63	37	50	38	13
LUR-001	51	35	14	39	35	27	0	100	0	45	55	0	52	31	16
LUR-002	26	74	0	26	74	0	0	0	0	0	0	0	26	5	69
MAL-001	26	45	28	24	45	31	0	100	0	13	87	0	34	8	57
MAL-002	17	83	0	17	83	0	0	0	0	0	0	0	17	2	81
CAÑ-001	45	44	11	44	44	12	8	92	0	8	85	8	50	15	35
CAÑ-002	32	67	1	32	67	1	0	0	0	100	0	0	32	6	62
MATG-001	41	41	18	40	41	19	6	94	0	6	88	6	49	8	43
MATG-002	31	68	1	31	68	1	0	100	0	0	100	0	31	9	59
PIS-001	45	22	33	18	22	60	38	58	4	56	27	19	45	30	25
PIS-002	27	73	0	27	73	1	0	0	0	100	0	0	27	11	62
PROMEDIO	475	685	240	422	685	293	102	867	31	437	681	111	568	211	621
SD	9	22	18	8	22	21	13	43	7	39	40	14	13	11	22

Tabla 8: Datos recalculados del tamiz N° 60

Muestras	Q	F	L	Qm	F	Lt	Lm	Lv	Ls	Qp	Lvm	Lms	Qm	P	k
CHA-001	46	22	32	44	22	32	3	77	19	9	71	21	67	22	12
CHA-002	22	71	7	22	71	7	20	80	0	0	80	20	24	6	71
CHI-001	27	72	1	26	72	1	0	100	0	75	25	0	26	14	60
RIM-001	63	18	19	62	18	19	0	95	5	5	90	5	58	34	8
LUR-001	58	37	5	50	37	5	0	80	20	63	30	7	58	30	12
LUR-002	21	72	6	21	72	6	0	100	0	0	100	0	23	6	71
MAL-001	42	51	8	42	51	8	17	83	0	0	83	17	45	7	48
MAL-002	30	65	5	30	65	5	0	100	0	0	100	0	31	6	62
CAÑ-001	56	41	3	56	41	3	20	80	0	0	80	20	58	16	26
CAÑ-002	29	63	7	29	63	7	22	78	0	0	78	22	32	7	61
MATG-001	50	35	15	49	35	15	0	100	0	10	90	0	58	13	29
MATG-002	34	64	3	33	64	3	14	71	14	22	56	22	34	6	60
PIS-001	44	51	5	44	51	5	10	90	0	0	90	10	46	16	38
PIS-002	28	66	7	28	66	7	0	91	9	0	91	9	30	8	62
PROMEDIO	550	728	122	535	728	122	106	1226	68	184	1063	153	589	191	620
SD	14	19	8	13	19	8	9	10	8	25	24	9	15	9	23

Tabla 9: Datos recalculados del tamiz N° 120

Los resultados de los análisis microscópicos muestran que el cuarzo unitario se encuentra en un 29% en la malla N° 60 (0.25 mm) y un 35% en la malla N° 120 (0.125 mm.). En el río Cañete hay mayor predominancia de cuarzo y los feldespatos potásicos constituyen el 48% en el río Mala y el 9% en el río Chancay, ambos en la malla N° 120. La más alta concentración de feldespatos ocurre en los ríos Rímac y Lurín, en la malla N° 60.

En general, el cuarzo unitario se encuentra en todos los ríos pero en bajas concentraciones. La más alta concentración de plagioclasas ocurre en los ríos de la zona norte Chancay, Rimac y Lurín (60%), mientras que en los ríos del sur Mala, Cañete las concentraciones son menores (10%) Los fragmentos de líticos volcánicos se encuentran en mayor concentración en el Río Chancay (7%) mientras que los líticos plutónicos se encuentran en menor concentración (3%) en toda la zona de estudio menor porcentaje en toda la zona de estudio. Ver Tablas 8 y 9 líneas arriba.

En los diagramas F, Qm, Lt que determina la proveniencia de los sedimentos fluviales encontramos. Para el diagrama de arena media (Fig.41) las mayores concentraciones de clastos líticos de composición volcánica con una desviación estándar (SD 43), se encuentran en el sector C1 lo que según la clasificación, corresponde a un Arco Disectado (ver Fig.40 líneas arriba).

En el diagrama de arena fina se muestra una menor cantidad de líticos de volcánicos (SD 10), metamórficos (SD 9) y sedimentarios (SD 8) las que se ubican en el sector A3 del diagrama (Fig.42), correspondiendo el origen de estos sedimentos a un basamento levantado (ver Fig.40 líneas arriba).

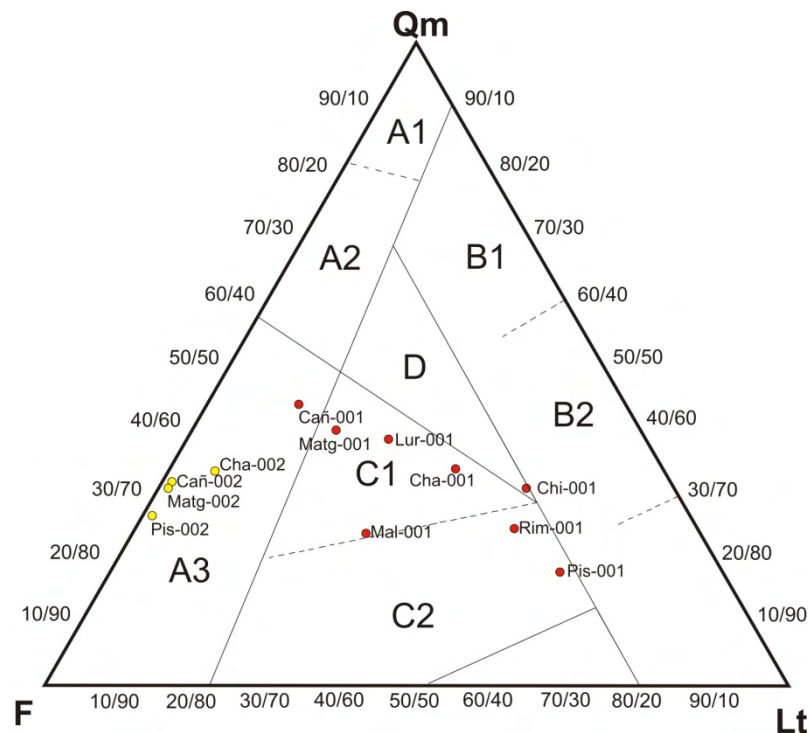


Fig.41: Diagrama F, Qm, Lt, para determinar la proveniencia de los sedimentos fluviales que llegan al mar de la malla N°60=0.25mm (arena media)

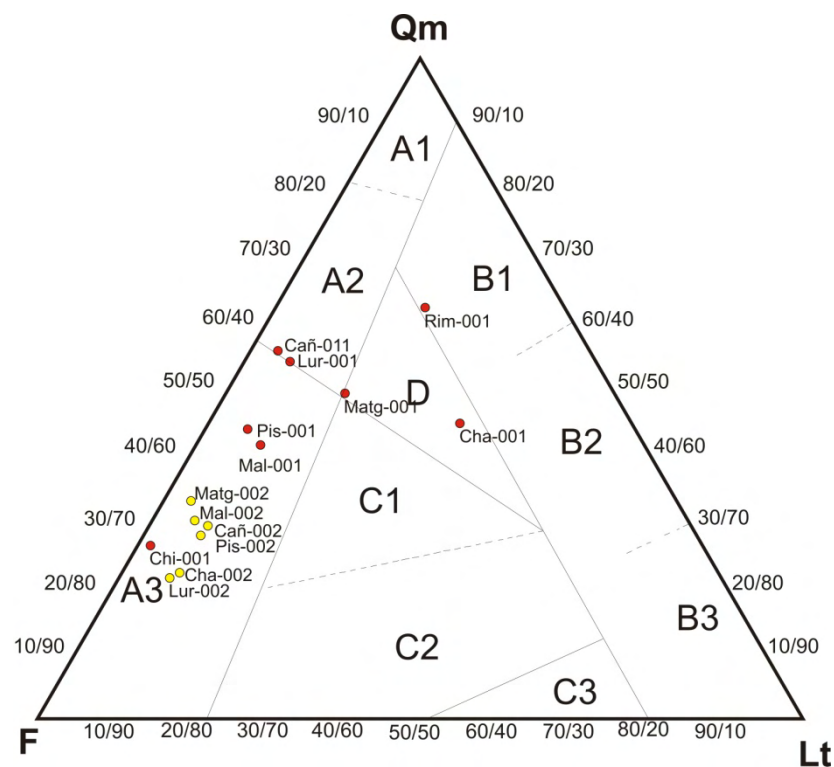
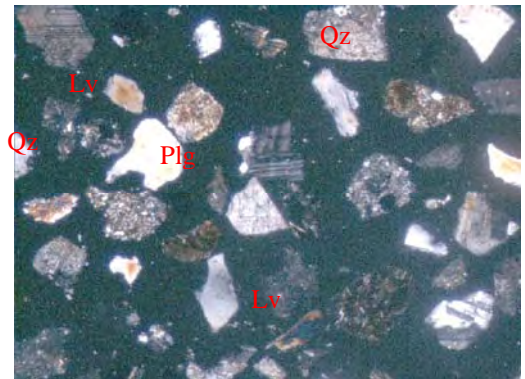


Fig. 42: Diagrama F, Qm, Lt, para determinar la proveniencia de los sedimentos fluviales que llegan al mare la malla N°120=0.125mm (arena fina)

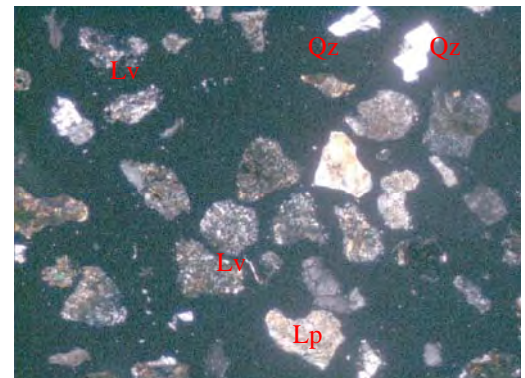
LAMINA I

SECCIONES DELGADAS DE LAS MUESTRAS DE LOS RIOS CHANCAY, CHILLÓN, RÍMAC Y ANÁLISIS DE DICKINSON

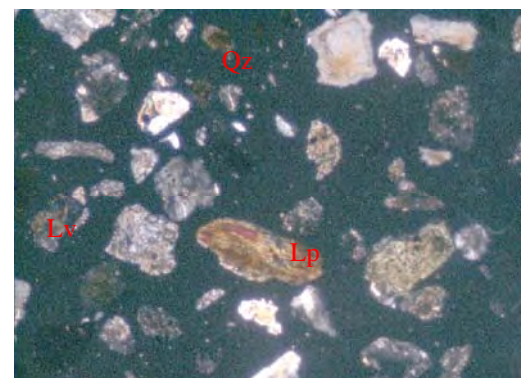
Código : Cha-1 / Malla 60.
Ubicación : Desembocadura del río Chancay.
Aumento : 5X.
Descripción : Litarenita feldespática, cuarzo, líticos volcánicos y plagioclasas.



Código : Chi-1 / Malla 60.
Ubicación : Desembocadura del río Chillón
Aumento : 2.5X
Descripción : Litarenita feldespática, cuarzo.



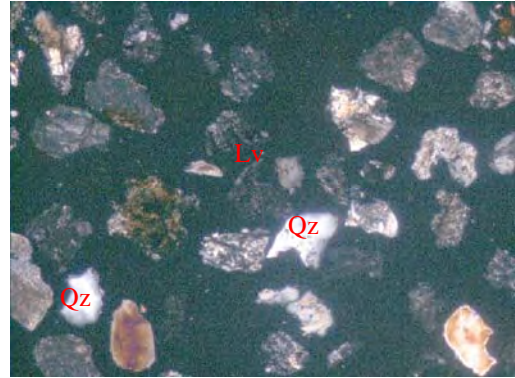
Código : Rim-1 / Malla 60.
Ubicación : Desembocadura del río Rímac.
Aumento : 2.5X.
Descripción : Litarenita feldespática, cuarzo, líticos volcánicos y plagioclasa.



LAMINA II

SECCIONES DELGADAS MUESTRAS DE LOS RIOS LURÍN, MALA Y CAÑETE

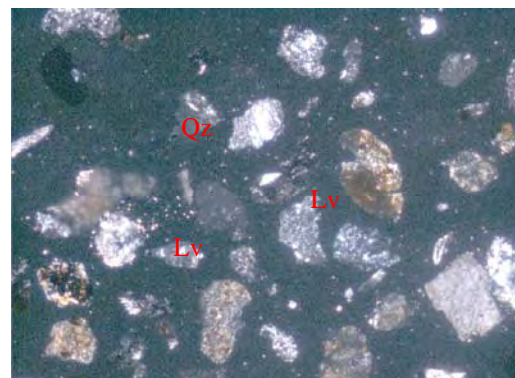
Código : Lur-1 / Malla 60
Ubicación : Desembocadura del río Lurín.
Aumento : 2.5X.
Descripción : Arcosa lítica; cuarzo, líticos volcánicos.



Código : Mal-1/ Malla60
Ubicación : Desembocadura del río Mala.
Aumento : 2.5X.
Descripción : Arcosa Lítica, cuarzo, líticos volcánicos



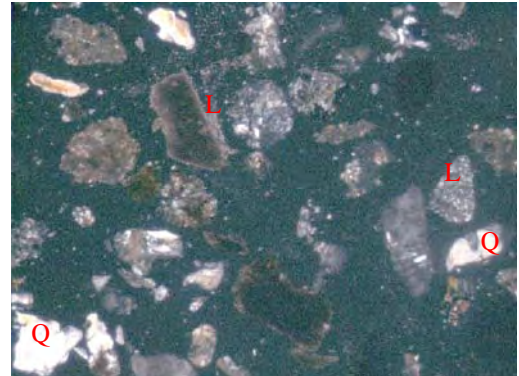
Código : Cañ-1 / Malla 60.
Ubicación : Desembocadura del río Cañete.
Aumento : 2.5X
Descripción : Arcosa; cuarzo, líticos volcánicos y líticos plutónicos.



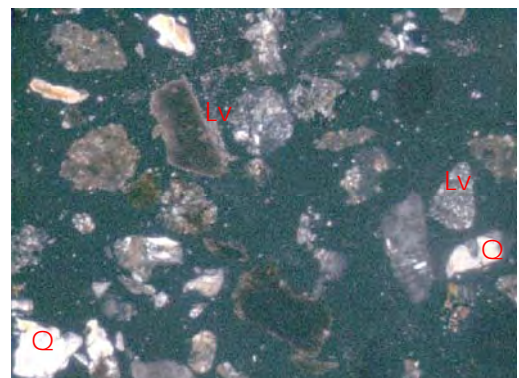
LAMINA III

SECCIONES DELGADAS MUESTRAS DE LOS RIOS MATAGENTE Y PISCO

Código : Matg-1 / Malla 60.
Ubicación : Desembocadura del río Matagente
Aumento : 2.5X.
Descripción : Arcosa lítica, cuarzo, líticos volcánicos y líticos plutónicos.



Código : Pis-1 / Malla 60
Ubicación : Desembocadura del río Pisco
Aumento : 2.5X.
Descripción : Litarenita feldespática, cuarzo, líticos volcánicos.



4.7.2. ANÁLISIS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Las muestras de ríos de granulometría fina fueron analizadas por Difracción de Rayos X y se procesaron 8 muestras de limoarcillitas a fin de obtener los porcentajes de los minerales presentes en cada río estudiado.

La tabla 10 muestra una lista de las abundancias relativas de los minerales identificados en cada río. De los 23 minerales determinados 6 de ellos; Cuarzo, Albita, Riebeckita, Clorita, Augita y Moscovita son los que aparecen en todos los ríos. En mayores concentraciones encontramos el Cuarzo (50%) y la Albita (30 %). Las más bajas concentraciones la tienen la Cloromagnesita (0.45%) y Saponita (0.49%).

Minerales/Ríos	Chancay	Chillón	Rímac	Lurín	Mala	Cañete	Matagente	Pisco
Cuarzo	46.71%	38.02%	53.52%	32.23%	55.56%	46.38%	40.49%	55.24%
Albita	33.24%	44.16%	31.08%	47.74%	31.28%	30.36%	19.45%	31.98%
Riebeckita	4.76%	2.83%	4.60%	3.97%		2.89%		2.37%
Clorita	1.53%	2.82%	2.58%	2.16%	1.03%	0.84%	1.06%	0.76%
Augita	1.48%	1.31%	1.74%	2.59%	2.05%	2.63%		1.55%
Muscovita	2.52%	3.15%	0.97%	1.80%		1.21%		1.22%
Ortoclasa	6.02%							
Pirita	0.88%	0.87%	1.95%					
Hematita	0.77%			0.91%		1.21%		0.99%
Calcita			1.25%		2.18%	6.98%	3.49%	3.29%
Ilmenita			0.92%					
Laumontita		1.95%		0.78%	0.77%			
Ulexita		1.14%						
Saponita		0.49%						
Bedeillita				2.65%				
Celsiana				2.16%				
Cloromagnesita					0.45%			0.69%
Edenita					1.99%			
Anhidrita					1.61%			
Microclina						5.87%	6.12%	
Magnesioferrita							16.07%	
Tremolita							4.97%	
Magnesita							0.95%	

Tabla 10: Minerales de los sedimentos fluviales.

4.8. CONCLUSIONES

De las observaciones de campo, se tiene que en los ríos muestreados, los gravas están constituidas por: andesitas, tobas, granodioritas, tonalitas, dioritas, areniscas cuarzosas, calizas, cuarcitas y granito, con un 60% de gravas andesíticas en el río Pisco y 35% en los ríos Chancay y Matagente. Estas gravas se caracterizan por ser sub-redondeadas con esfericidades que varían de baja a alta desde la parte distal.

Las gravas andesíticas de coloración violado-verde proviene de la erosión del arco volcánico del Grupo Casma. Las gravas tobáceas proceden del arco volcánico del Grupo Calipuy.

Los resultados de los análisis de las muestras de continente indicaron dos tipos de procedencia, de arco disectado y de basamento levantado. La procedencia de arco disectado se refleja en las arenas medias por su mejor concentración de líticos, cuarzos y plagioclasas mientras que la procedencia de basamento levantado se refleja en las arenas finas debido a la gran cantidad de cuarzo que presenta y muy pocos líticos. De acuerdo a nuestra realidad geológica, se considera el modelo de arco disectado como el más congruente con el actual contexto de las áreas de aporte.

Existe una similitud entre la composición mineralógica de los sedimentos fluviales y los sedimentos marinos. De tal manera que existe una relación directa del aporte de sedimentos continentales fluviales a las cuencas submarinas Chancay y Mala.

CONCLUSIONES FINALES

En base a la información batimétrica, geomorfológica y estructural se delimitaron dos cuencas submarinas: cuencas Chancay y Mala.

Las geoformas en la plataforma obedecen a ensambles estructurales activos los cuales definen valles sumergidos, como por ejemplo en el área del Callao se ha modelado una depresión que emplaza un abanico claramente definido en las imágenes digitales.

Se han identificado 58 minerales en los sedimentos superficiales de la plataforma continental, como resultado de los análisis pertinentes. La presencia de estos minerales indica tipos autógenos formados en la misma plataforma y terrígenos transportados por los ríos.

El Cuarzo, Albita, Augita, Clorita, Muscovita y Riebeckita son los minerales más abundantes que se encuentran distribuidos en toda el área de estudio. También se tienen especies minerales que se diferencian según sus grados de concentración y distribución en las cuencas submarinas Chancay y Mala, observándose dos modos de dispersión, un caso que indica concentración en determinadas áreas y otro caso de dispersión aleatoria. Dentro de este tipo se tiene en la cuenca submarina Chancay, la Molibdenita, Natrojarosita, Hastingsita, Natrolita, Clinoptilolita, Talco, Cordierita, Cristobalita y Namuwita. En la cuenca Mala se tiene la Tungstenita, Hematita, Braunita, Dolomita, Ambigonita, Todorquita, Laumontita, Grunerita, Ofosita, Motmorillonita, Illita, Aliettita, Microclima, Heulandita.

Los feldespatos potásicos se encuentran bien diferenciados en tres sectores; la Anortoclasa que se distribuye en dirección de los ríos Rímac y Chillón, la Ortoclasa que se distribuye en dirección de los ríos Rímac, Mala y Cañete y la Microclina que se distribuye en dirección del río Pisco.

La Molibdenita se distribuye solo en dirección de los ríos Rímac-Chillón, provenientes de las áreas mineralizadas de la sierra central.

Las reacciones fisicoquímicas dan lugar a Cloromagnesita (Haluros) y arcillas producto de la alteración de feldspatos. La Rodocrosita es el mineral que se distribuye en toda la zona de estudio y especialmente en sectores alejados de la línea de costa.

Los sulfuros como la Molibdenita, Piritita y Tungstenita son típicos de ambientes de fondo marino bajo condiciones de oxigenación anaeróbica. Los minerales como: Laumontita, Clinoptilolita, Natrolita y Heulandita son estables en ambientes marinos; Los minerales inestables son Antofilita, Grunerita, actinolita, Hastringsita, Magnesiohorblenda, la Riebeckita y la Augita.

Existe una similitud entre la composición mineralógica de los sedimentos fluviales y los sedimentos marinos, de tal manera que existe una relación directa del aporte de sedimentos continentales fluviales a las cuencas submarinas Chancay y Mala.

Los análisis de las muestras fluviales indicaron que los sedimentos provienen de un arco disectado (Análisis de Dickinson) y los granos líticos de rocas volcánicas de los Grupo Calipuy y Grupo Casma.

La distribución de la concentración de los minerales se encuentra directamente relacionada a la configuración del relieve del fondo mediante las geoformas y estructuras relacionadas; asimismo, al área de influencia de los frentes deltaicos y a la acción fluvial en general.

El ambiente que gobierna en el área de estudio, se encuentra regido por la dinámica marina y fluvial considerándose a los minerales como producto de la destrucción mecánica de rocas y minerales pre-existentes y la acción química en las zonas de aportes y las áreas de depositación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arche, A. (1992). – Sedimentología. Consejo superior de investigaciones científicas, Vol. I, 250pp. Madrid, España

Cullity, B. D. (2001).- Elements of X-RAY DIFFRACTION: Department of Metallurgical engineering and materials science. University of Notre Dame 509 pp.

Davila, S., & Celi, C., (1994).- Estudio geodinámico de la cuenca del río Chancay, Huaral, 122pp.

Davila, S., & Valenzuela, G., (1996).- Estudio geodinámico de la cuenca del río Lurin, 92pp.

Delgado, C., & Gomero R., (1988).- Textura, carbono orgánico y carbonatos de los sedimentos del margen continental peruano. Boletín IMARPE: n° 1-10

Delgado, C., & Gomero, R., (1995).- Atlas sedimentológico de la plataforma continental peruana. Boletín IMARPE : n° 110: 5-31.

Delgado, C., Gomero, R., Salzwedel, H., Flores, L., & Carvajal, G., (1987).- Sedimentos superficiales del margen continental peruano: un mapa textural, Imarpe Boletín, v 11: 182-190.

Dickinson, R.D, 1970; Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. Journal of Sedimentary Petrology, 40(2): 695-707.

Dickinson, W., Beard, L., Brakenridge, G., Erjavec, J., Ferguson, R., Inman, K., Knepp, R., Lindberg, F., & Ryberg, P., (1983).- Provenance of America Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting: Geological Society of America, Bulletin, v 94: 222-235.

Guevara, C., (1980).- El grupo Casma del Perú central entre Trujillo y Mala. Bol. Soc. Geol. Perú, 67: 73-83.

INCITEMI, (1978).- Evaluación de los conocimientos sobre el mar fondo y el subsuelo marino. La tecnología marina y la explotación del fondo marino: 1-30

INGEMMET, (1988).- Estudio geodinámico de la cuenca del río San Juan, 141pp.

INGEMMET, (1981).- Estudio geodinámico de la cuenca del río Pisco , 141pp.

INGEMMET, (1985).- Estudio geodinámico de la cuenca del río Cañete 173pp.

INGEMMET, (1980).- Estudio geodinámico de la cuenca del río Rímac. 140pp.

Ingersoll, R., & Suczek, C., (1979).- Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans, DSDP. Sites 211 and 218: Journal of Sedimentary Petrology, v 49: 1217-1228.

Ingersoll, R., Bullard, T., Ford, R., Grimm, J., Pickle, J., and Sares, S., (1984).- The effect of grain size on detrital modes: A test of the Gazzi-Dickinson point counting method: Journal of Sedimentary Petrology, v, 54: 103-116.

Ingram, R. 1971. Sieve analysis. In procedures in sedimentary Petrology. Eds. Carver, R.E., cap. 3: 49-67. New York.

Jaillard, E., (1990), Evolución de la margen andina en el norte del Perú desde el Aptiano superior hasta el senoniano. Boletín Sociedad geológica del Perú vol. 81: 3-13.

Krissek, L., Scheidegger, K., & Kulm, L., (1980).- Surface Sediments of the Peru-Chile Continental margin and the Nazca plate. Geological Society of America Bulletin, Part I, v. 91. n. 6: 321-331.

Macharé, J., Sébrier, M., Huamán, D., & Mercier, J., (1986).- Tectónica cenozoica de la margen continental peruana, Boletín de la Sociedad geológica del Perú v. 76: 45-77.

Palacios, O., Caldas, J., & Vela, Ch., (1992).-Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurin, Chancay y Chosica, Boletín Nro 43 Ingemmet, pp. 137.

Perez, G., (1978).- Estudio geodinámico, geotécnico cuenca del río Chillón. Ingemmet, 98pp.

Rivera, C., Petersen, R., (1975).- Estratigrafía de la costa de Lima. En la Sociedad geológica del Perú, Boletín n. 45: 159-186.

Rosato, V., & Kulm, I., (1981).- Clay mineralogy of the Perú continental margin and adjacent Nazca plate: Implications for provenance, sea level changes, and continental accretion , Geological Society of America Memoir 154: 545-568.

Rosenzweig, A., (1953).- Geología de la isla San Lorenzo Bol. Ins.Nac. Inv. Y Fom. Min N° 7; pag. 5-30.

Schweigger, E., (1943).- Bahía de Pisco. Sociedad Geológica del Perú Boletín N°. 13: 5-97.

Schrader, H.-j 1974 “proposal for a standardized method of cleaning diatom-bearing deep-sea and land- exposed marine sediment” nova hedwigia, beihefte, 45; p. 403-409. en kellogg d.e. y kellogg t.b. (1986).- “diatom biostratigraphy of sediment cores from beneath the ross ice shelf “ micropaleontology, vol. 32, N° 1, p. 74-94.

Teves, N., (1975).- Aspectos sedimentarios y estructurales del sector costanero peruano frente a la Dorsal de Nazca, Boletín de la sociedad geológica del Perú Tomo 50: 87-98.

Teves, N., & Evangelista, E., (1976).- Las 200 millas de mar territorial peruano y sus fondos marinos, Boletín de la sociedad geológica del Perú Tomo 53: 59-74

Thornburg & Kulm, (1981).- Sedimentary basins of the Peru continental margin: Structure, stratigraphy and Cenozoic tectonics from 6° S to 16° S latitude, Nazca Plate: Crustal Formation and Andean Convergence : 393-422.

Velazco, F., D. Gutierrez, L. Ortlieb, V. Ferreira, J. Valdes and A. Sifeddine. (2003).- Searching for recent laminated sediments in the Minimum Oxygen Layer off Central Perú (11°30'-13°45'S). 9° Congr s de l'Association des Sedimentologues Français. U. Bourdeaux.

Zuta, S. & Guillén, O. (1970).- Oceanografía de las aguas costeras del Perú (Oceanography of the coastal waters of Perú), Instituto del Mar del Perú. Boletín 2: 161-323

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1: Imagen del Perú mostrando el área de estudio de la plataforma continental encerrada en línea roja.

Fig. 2: Ubicación del área de estudio entre los 11°30' S y 14°00' S y 78°00' W. Se indican la Plataforma continental y el Talud como morfoestructuras que contienen las muestras.

Fig. 3a: Imagen mostrando la plataforma continental en el área de estudio

Fig. 3b: Imagen de la plataforma continental mostrando los canales y valles en el área de estudio.

Fig. 4: Imagen en 3D de la plataforma continental y sistema de drenaje fluvial de los ríos de costa central comprendidos entre los 11° 00 y 13°00.

Fig. 5: Sección A-C en dirección NW-SW comprendida entre las latitudes 11°00S y 14°00S para representar la morfología del sustrato.

Fig. 6: Sección A-B-C mostrando el perfil de las cuencas Chancay y Mala, emplazadas entre los 11°29` LS y 13° 75`SW.

Fig. 7: Sección AB entre Punta Guanera y la Isla San Lorenzo (arriba) y perfil de la cuenca Chancay (abajo).

Fig. 8: Sección BC entre Isla de San Lorenzo y Península de Paracas (arriba) y perfil de la cuenca Mala (abajo).

Fig. 9: Mapa tectónico de la plataforma continental mostrando los lineamientos

Fig. 10: Distribución de las muestras en la plataforma continental

Fig. 11: Draga tipo Van Veen 0.05m² de área de cobertura.

Fig. 12: Proceso de Cuarteo

Fig.13: Balanzas de precisión

Fig. 14: Muestras tratándose con peróxido (H₂O₂)

Fig. 15: Filtrando la muestra

Fig. 16: Secando la muestra a 60° C

Fig. 17: Muestras en un desecador.

Fig. 18: Difractómetro de rayos X

Fig. 19: Ejemplo de difractograma de los minerales

Fig. 20: Distribución de los minerales en la Cuenca Submarina Chancay

Fig. 21: Distribución de los minerales en la Cuenca Submarina Mala

Fig. 22: Se presenta la muestra 1 que se encuentra en el frente deltaico del río Chillón con los minerales principales. Y a la Izquierda porcentajes de estos minerales.

Fig. 23: Se presenta la muestra 39 que se encuentra en el frente deltaico del río Pisco con minerales de arcilla . Y a la Izquierda porcentajes de estos minerales.

Fig. 24: Mapa de Isovalores de Cuarzo

Fig. 25: Mapa de Isovalores de Albita

Fig. 26: Mapa de Isovalores de Augita

Fig. 27: Mapa de Isovalores de Clorita

Fig. 28: Mapa de Isovalores de Muscovita

Fig. 29: Mapa de Isovalores de Riebeckita

Fig. 30: Cuenca del río Chancay

Fig. 31: Cuenca del río Chillón

Fig. 32: Cuenca del río Rímac

Fig. 33: Cuenca del río Lurín

Fig. 34: Cuenca del río Mala

Fig. 35: Cuenca del río Cañete

Fig. 36: Cuenca del río Matagente

Fig. 37: Cuenca del río Pisco.

Fig. 38: Ubicación de muestras de sedimentos fluviales en el continente.

Fig. 39: Recolección de muestras en terrazas recientes en desembocadura del río Cañete

Fig. 40: Gráfica del triangulo a plotear con sus significados

Fig. 41: Diagrama F, Qm, Lt, para determinar la proveniencia de los sedimentos fluviales que llegan al mar de la malla N°60=0.25mm (arena media)

Fig. 42: Diagrama F, Qm, Lt, para determinar la proveniencia de los sedimentos fluviales que llegan al mar de la malla N°120=0.125mm (arena fina)

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Base de datos de muestras superficiales de la Plataforma Continental entre los 11° 30' y 14° 00' de Latitud Sur

Tabla 2: Relación de minerales identificados indicando la frecuencia de su ocurrencia por muestra.

Tabla 3: Abreviaturas geológicas

Tabla 4: Datos de las muestras fluviales entre los 11° 30' Y 14°00' Latitud Sur

Tabla 5 Recálculo de los parámetros.

Tabla 6: Conteo de los minerales del tamiz N° 60

Tabla 7: Conteo de los minerales del tamiz N° 120

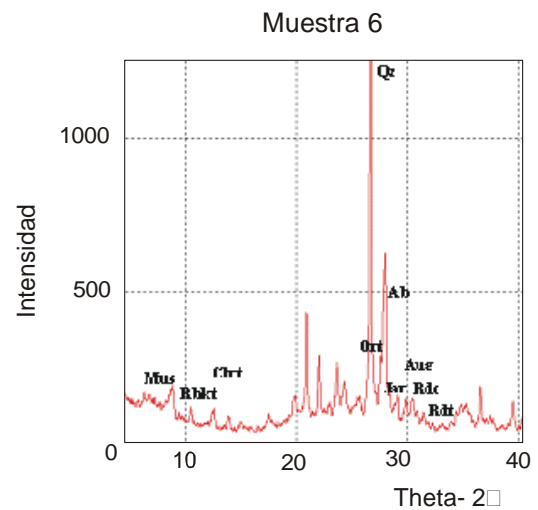
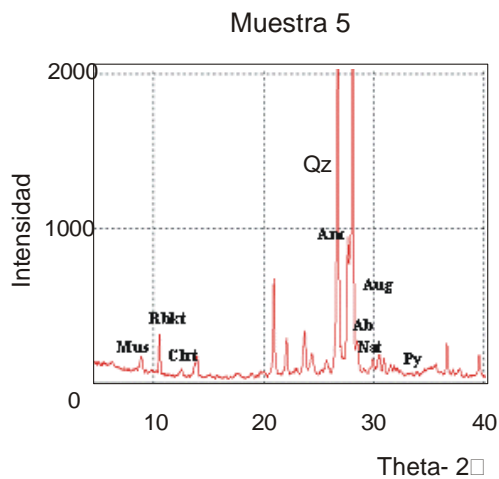
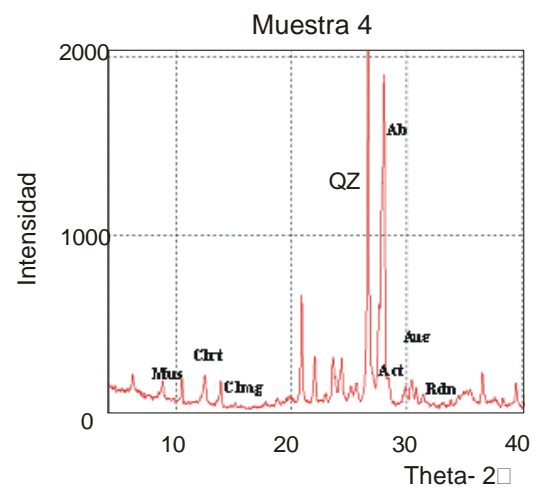
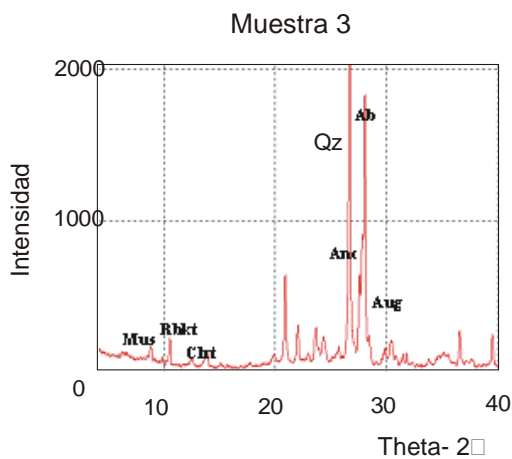
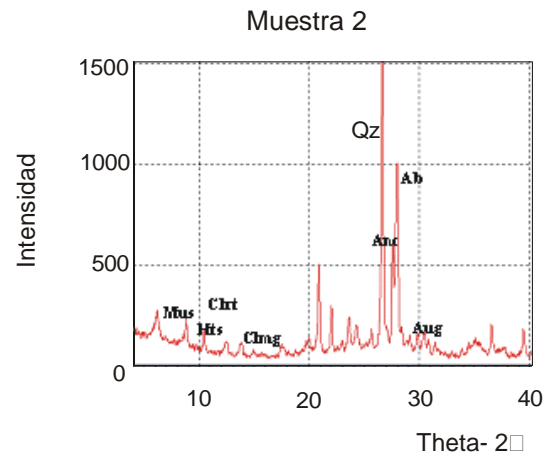
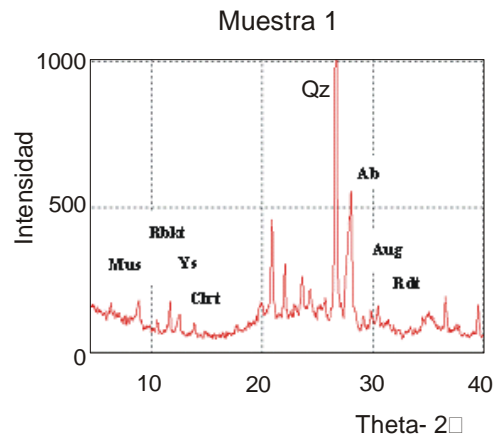
Tabla 8: Datos recalculados del tamiz N° 60

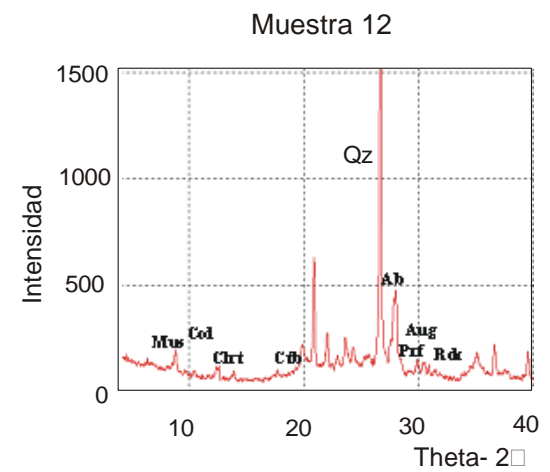
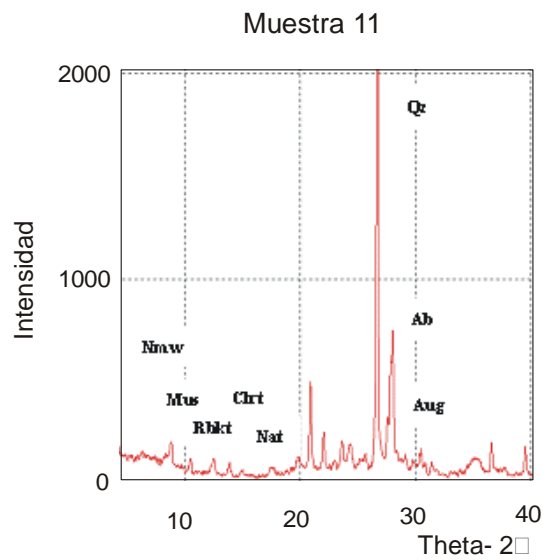
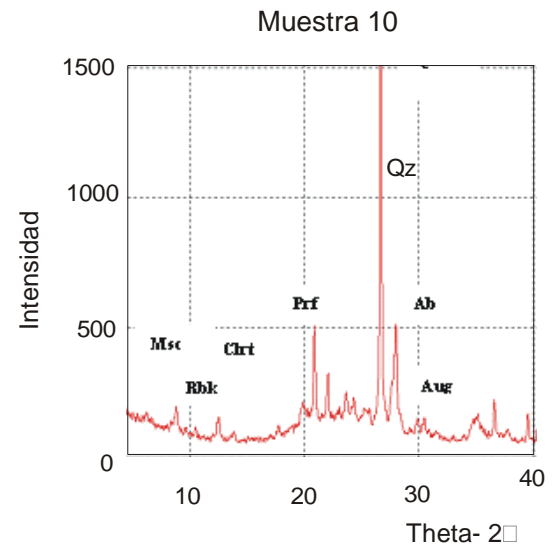
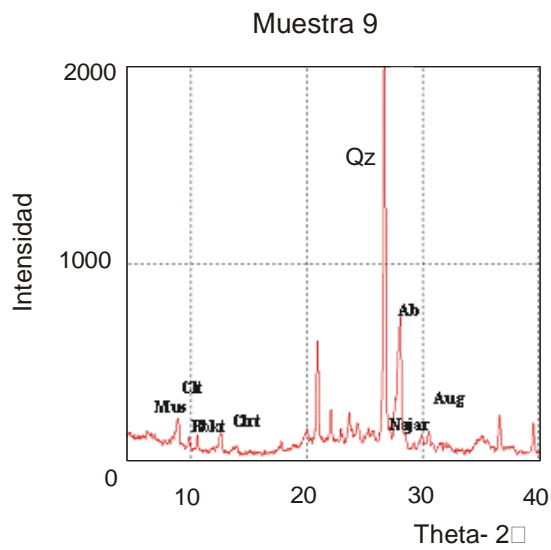
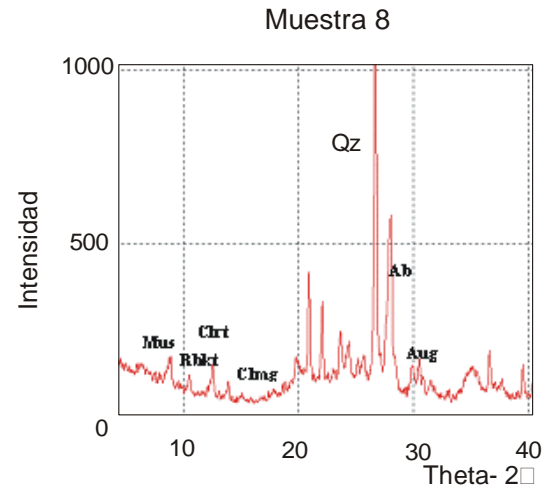
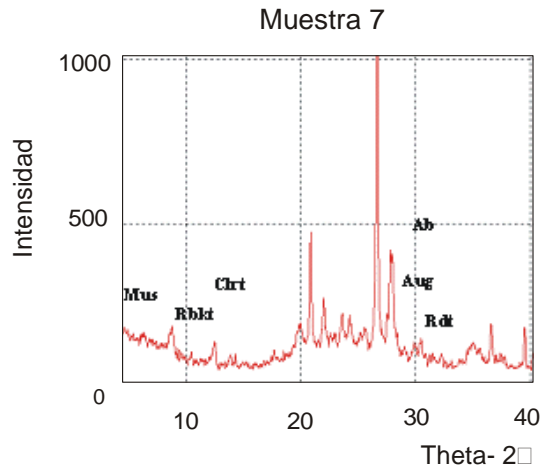
Tabla 9: Datos recalculados del tamiz N° 120

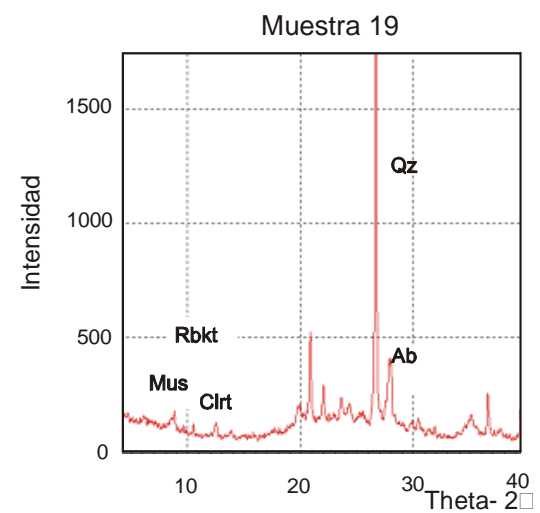
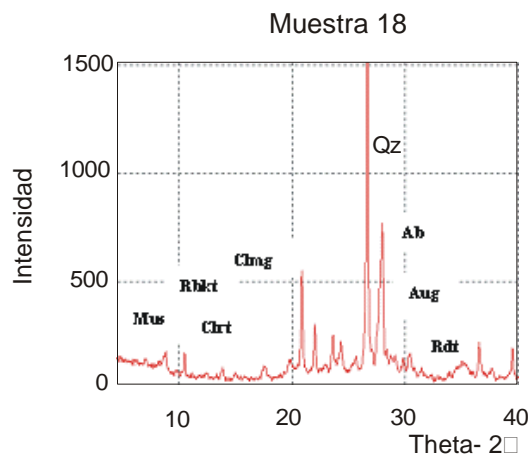
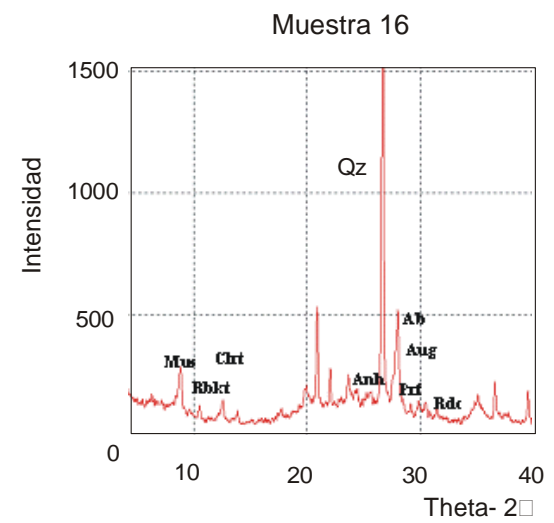
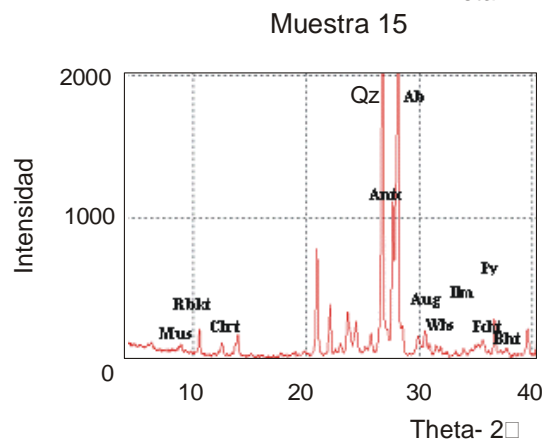
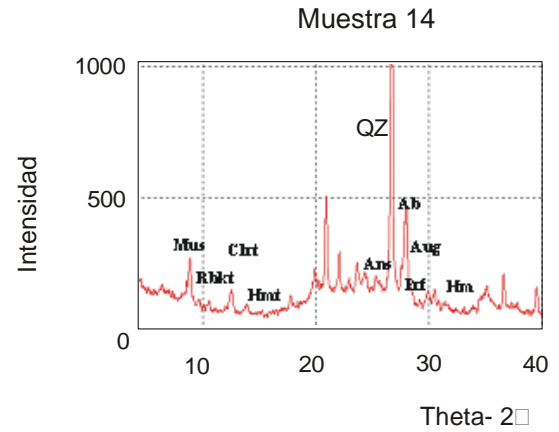
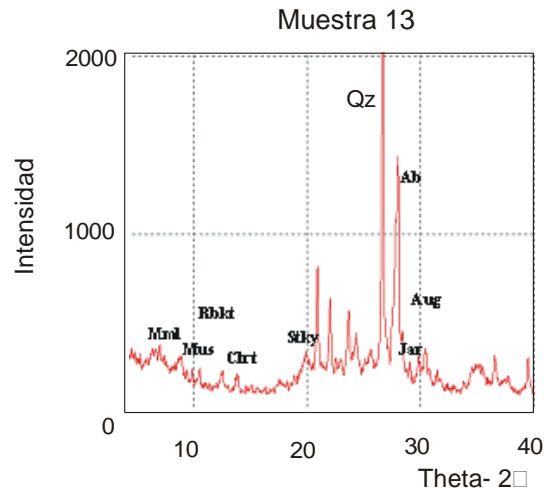
Tabla 10: Minerales de los sedimentos fluviales.

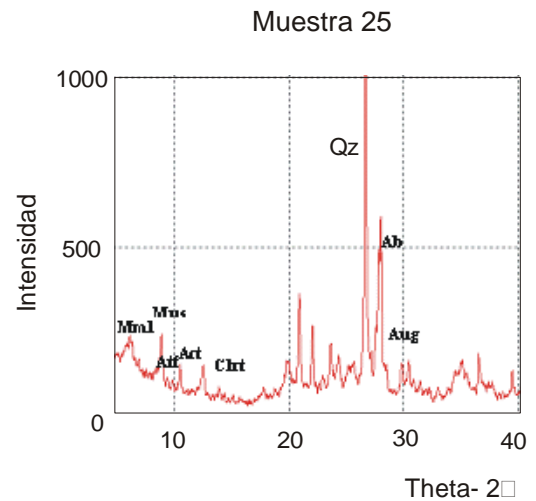
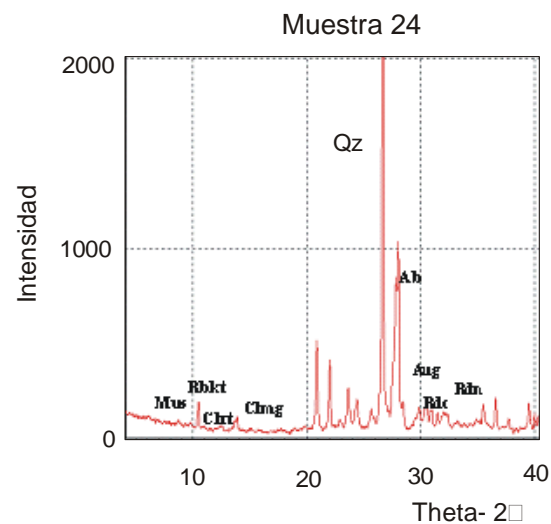
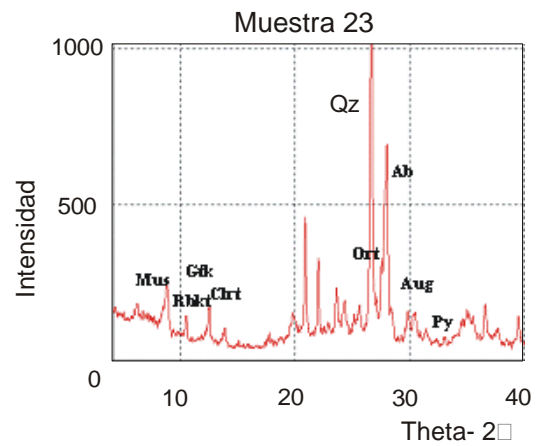
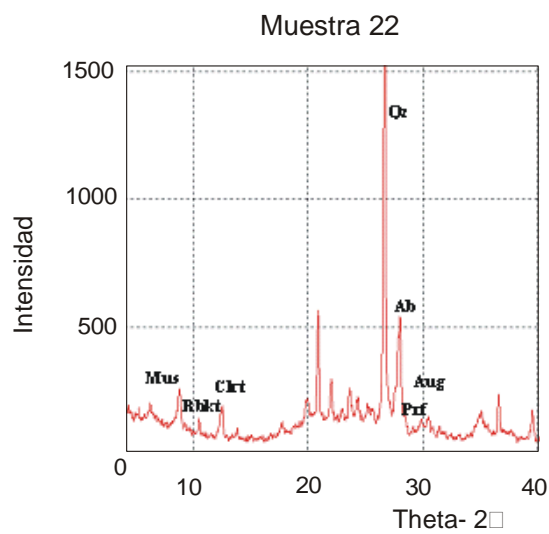
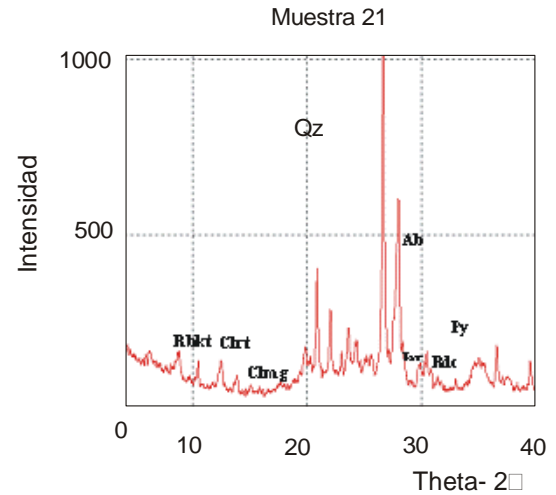
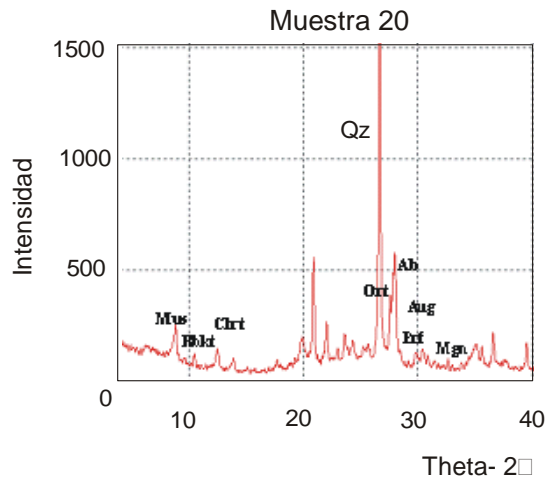
ANEXOS

ANEXO 1 ANÁLISIS MINERALÓGICO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS MARINOS.

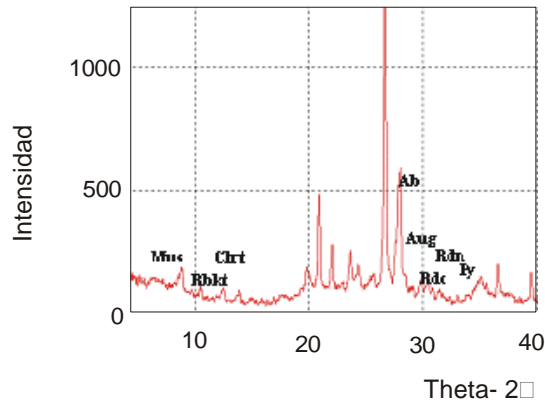




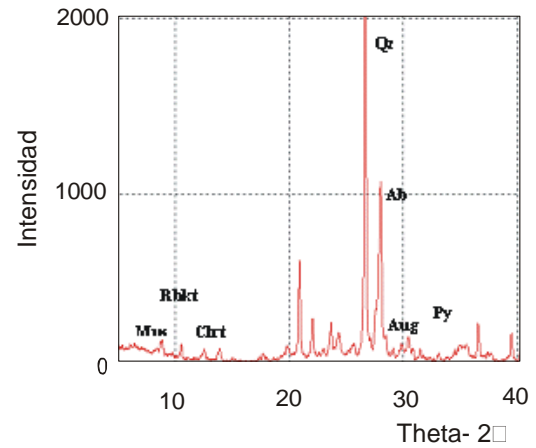




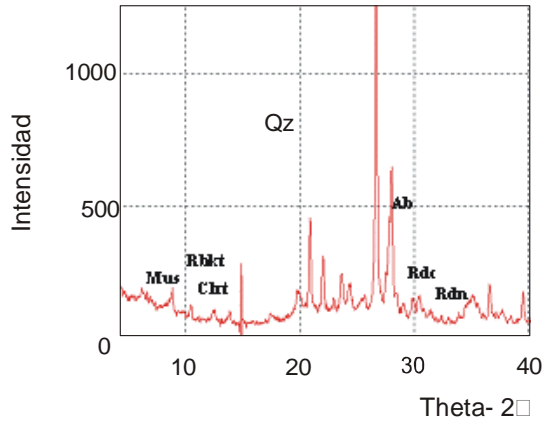
Muestra 26



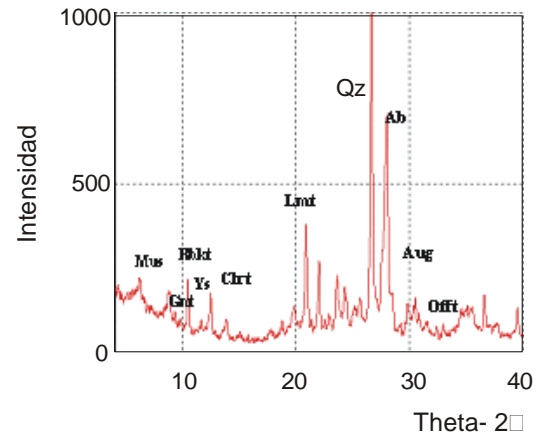
Muestra 27



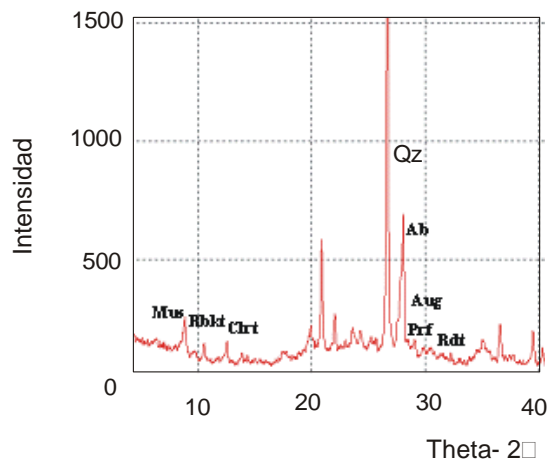
Muestra 28



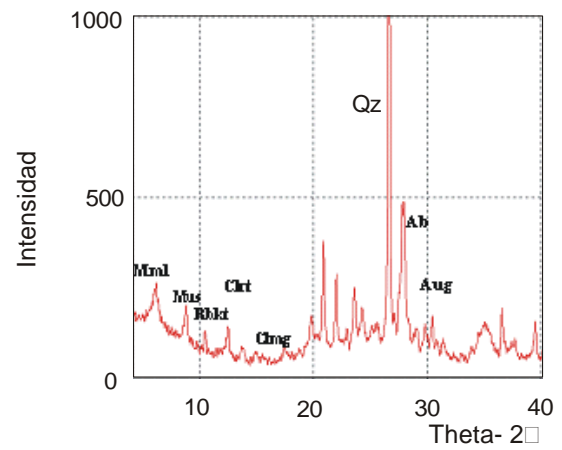
Muestra 29

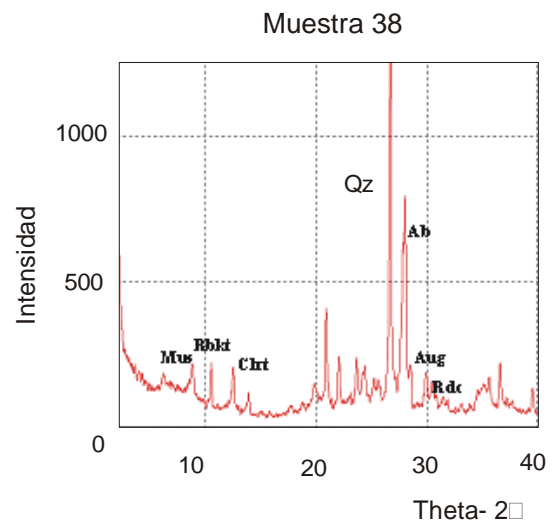
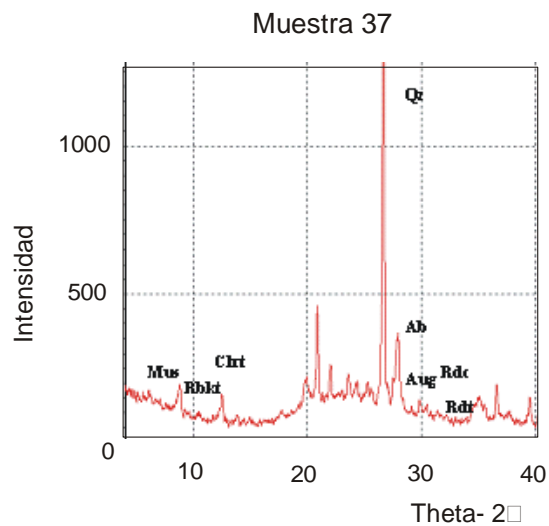
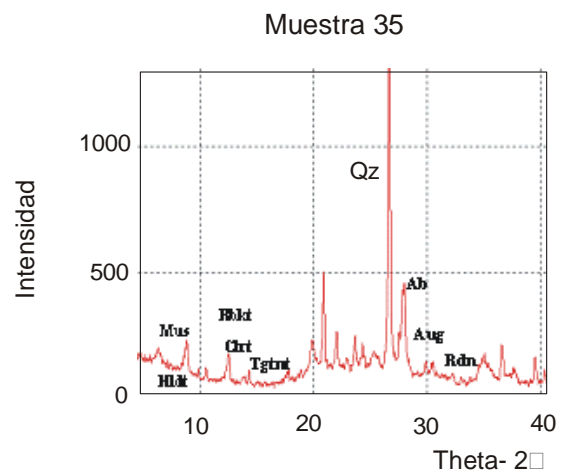
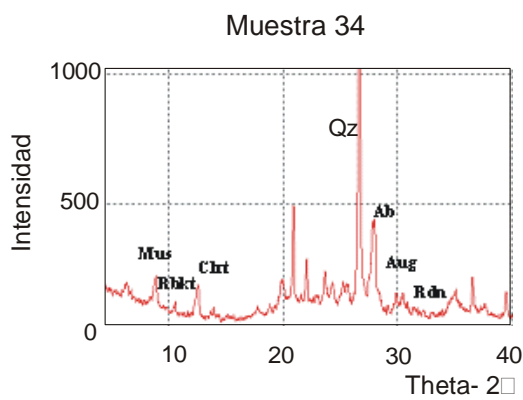
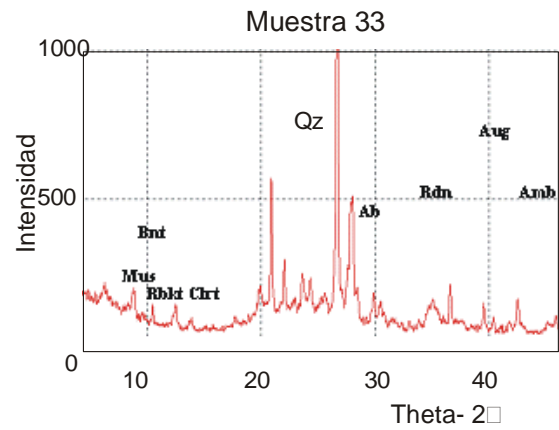
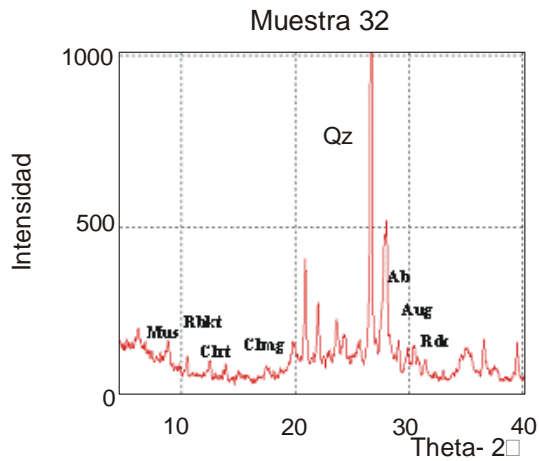


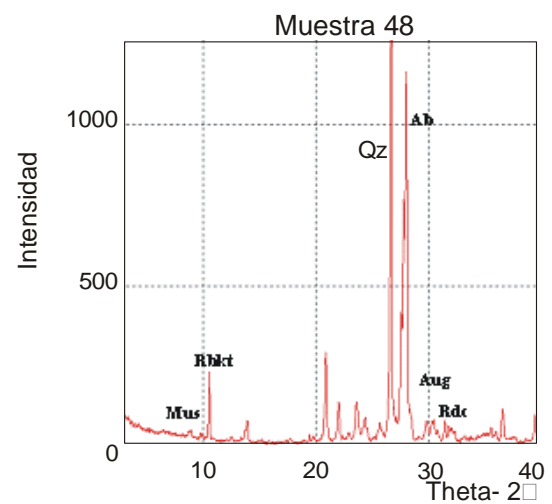
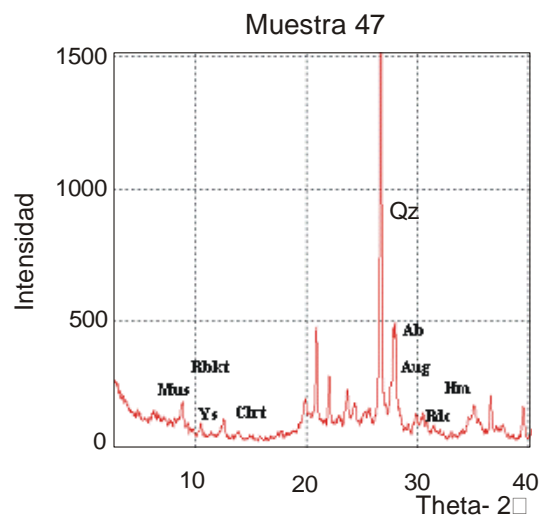
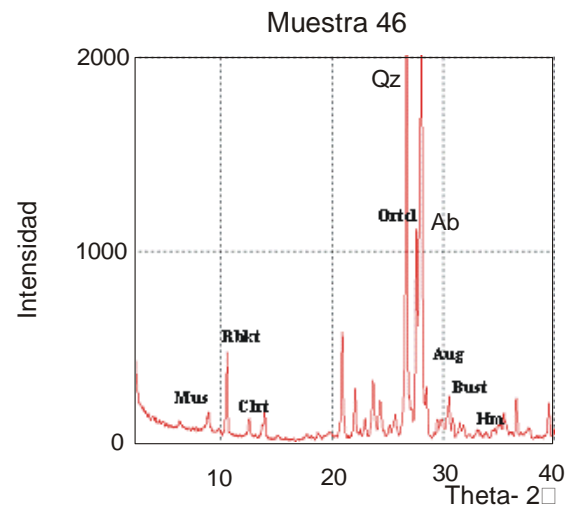
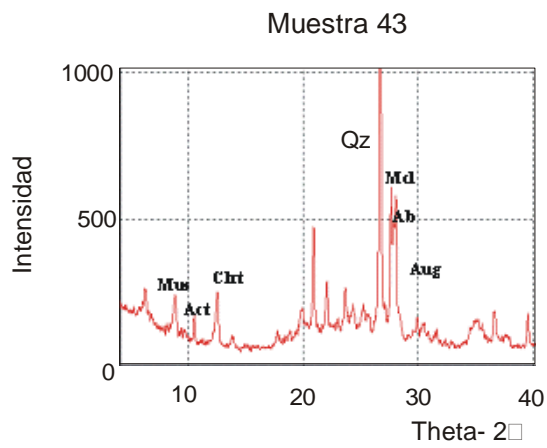
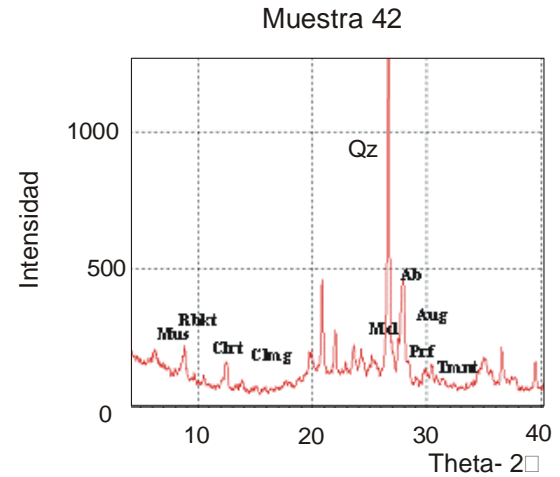
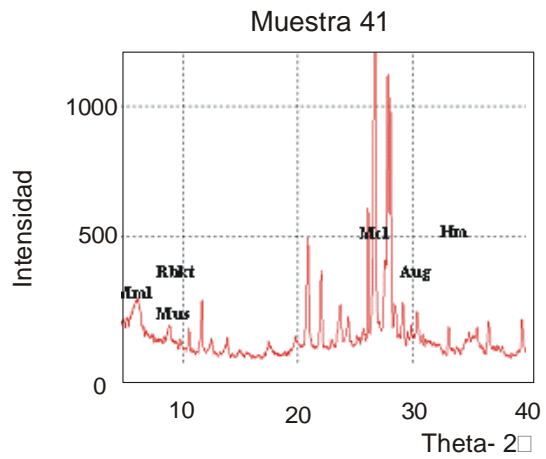
Muestra 30

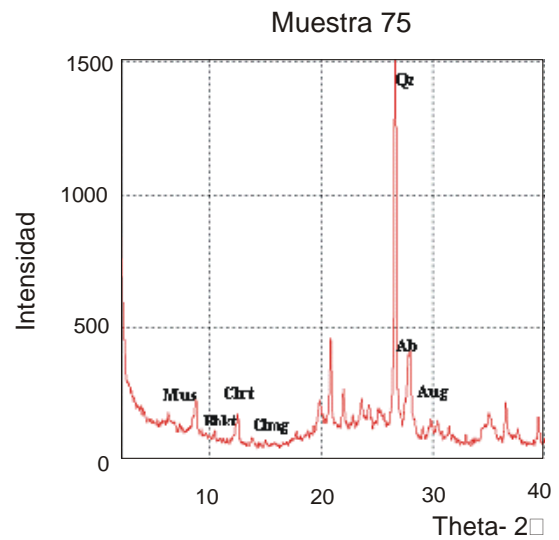
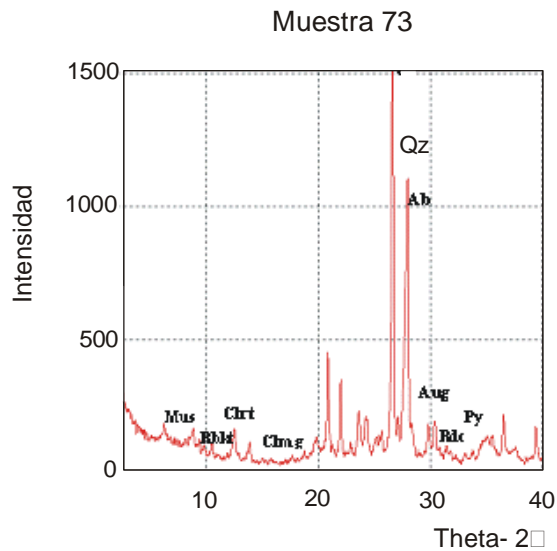
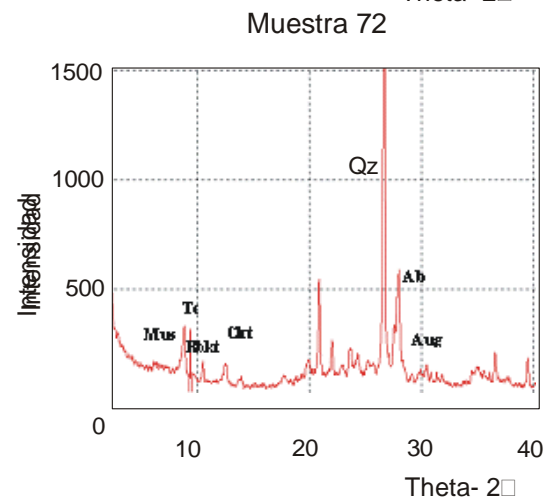
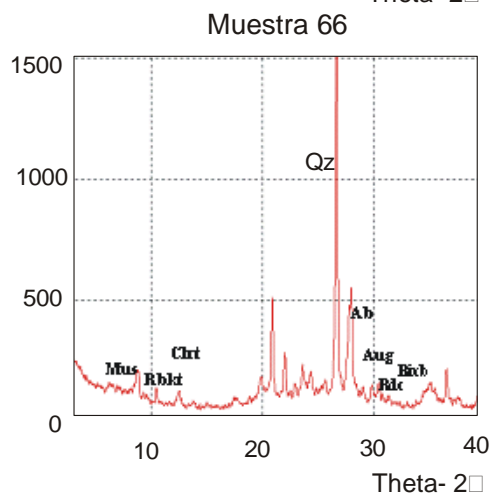
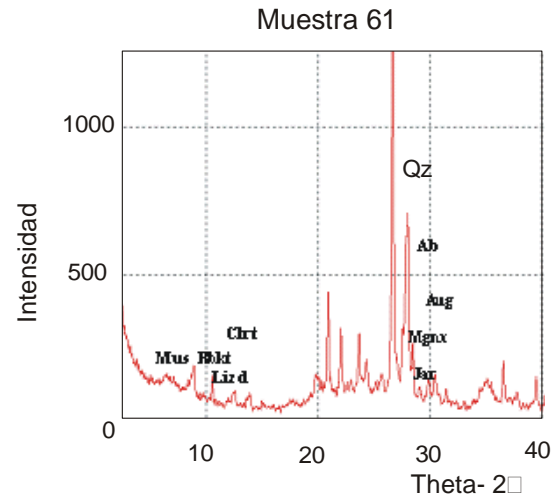
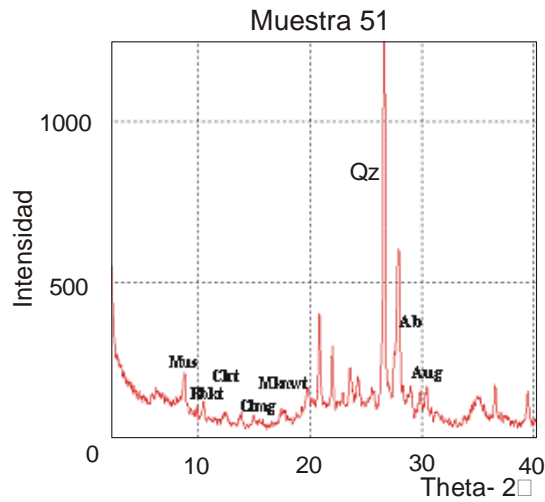


Muestra 31

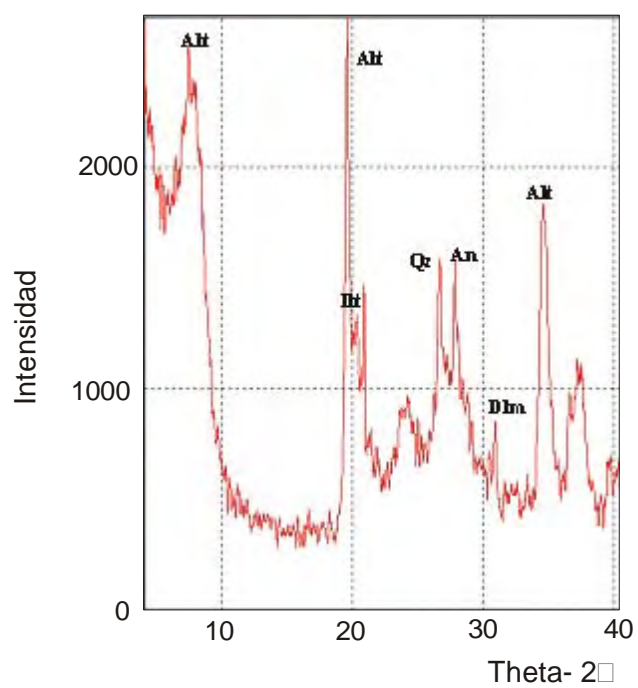






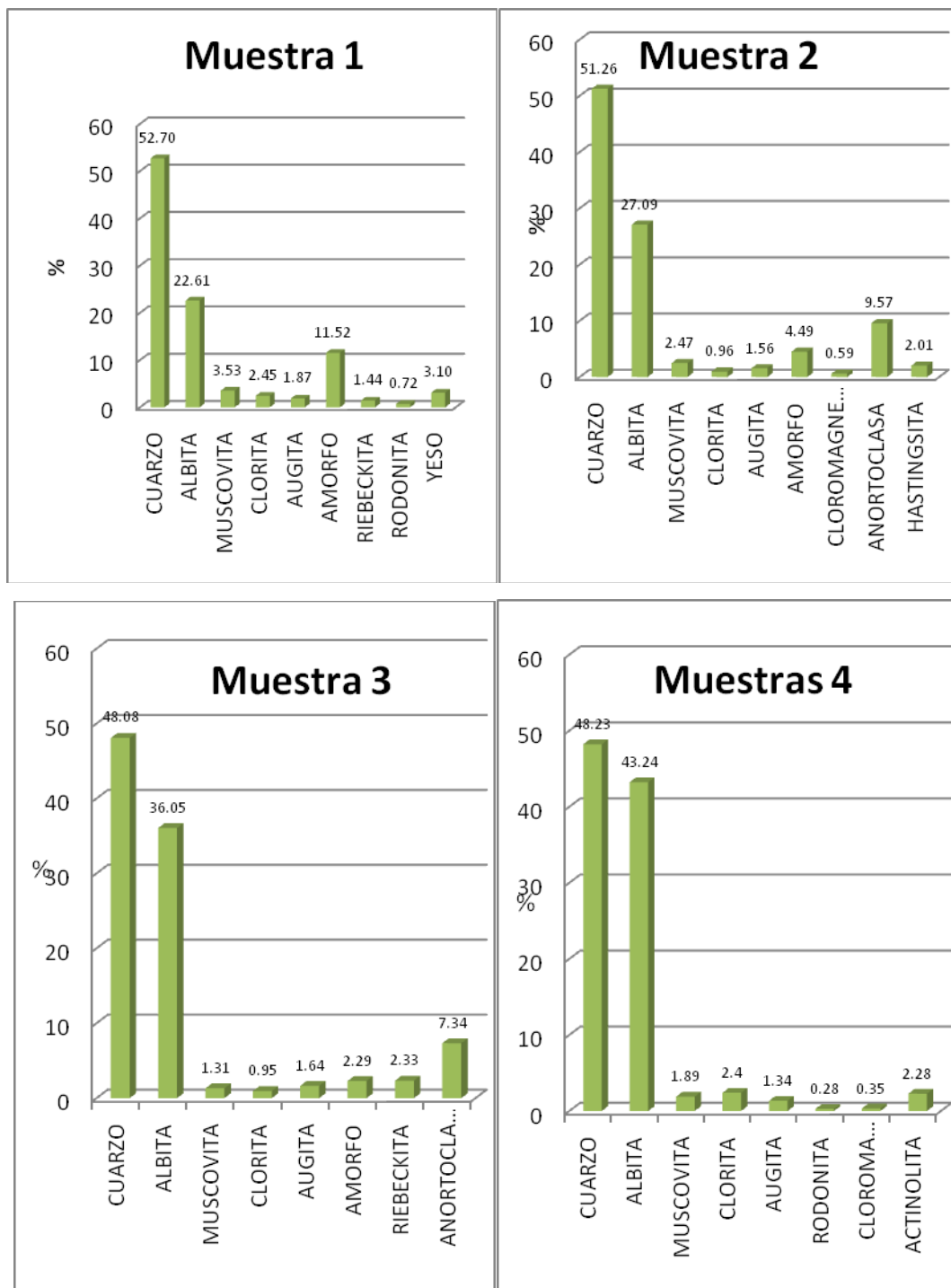


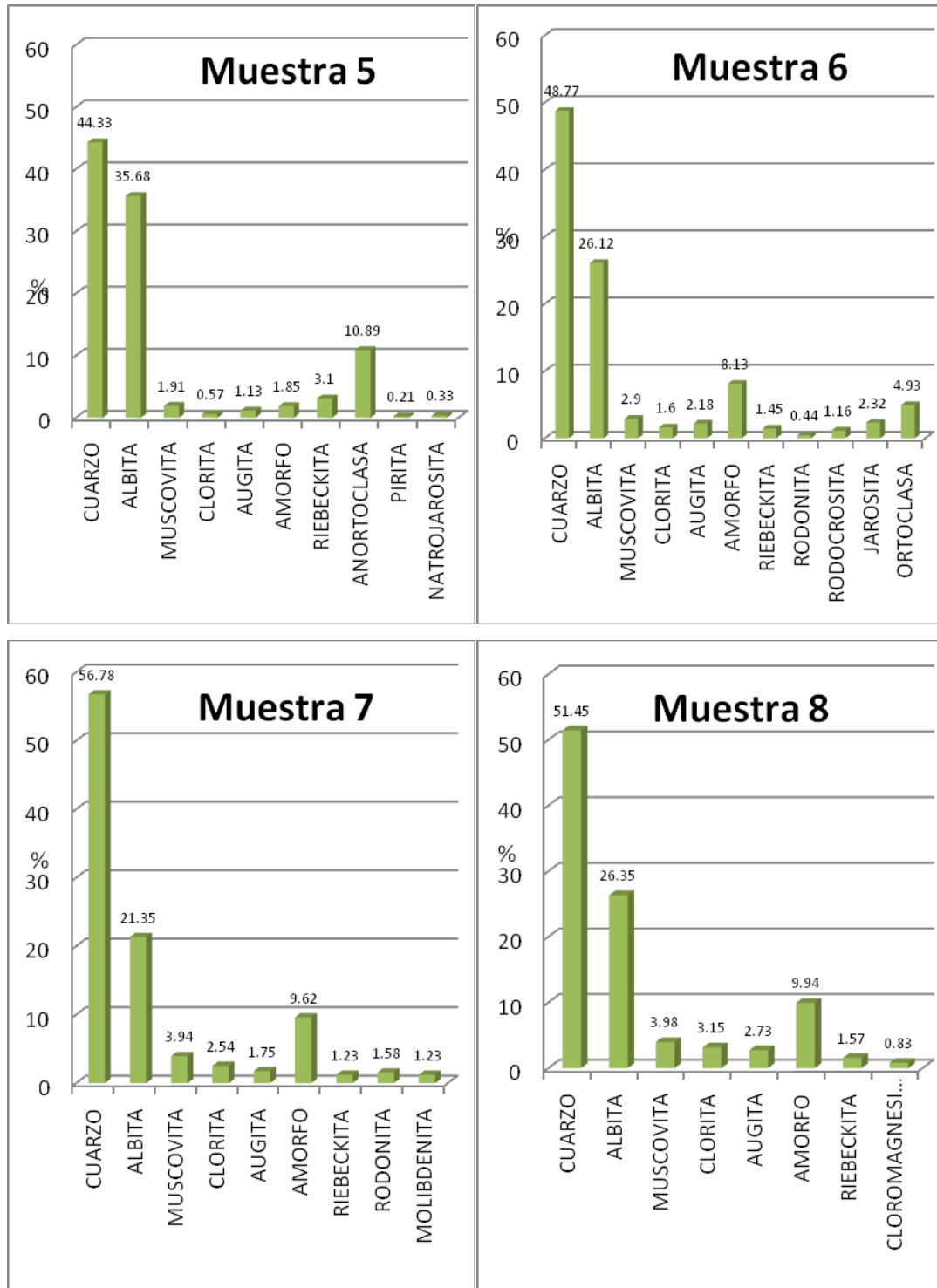
Muestra 39

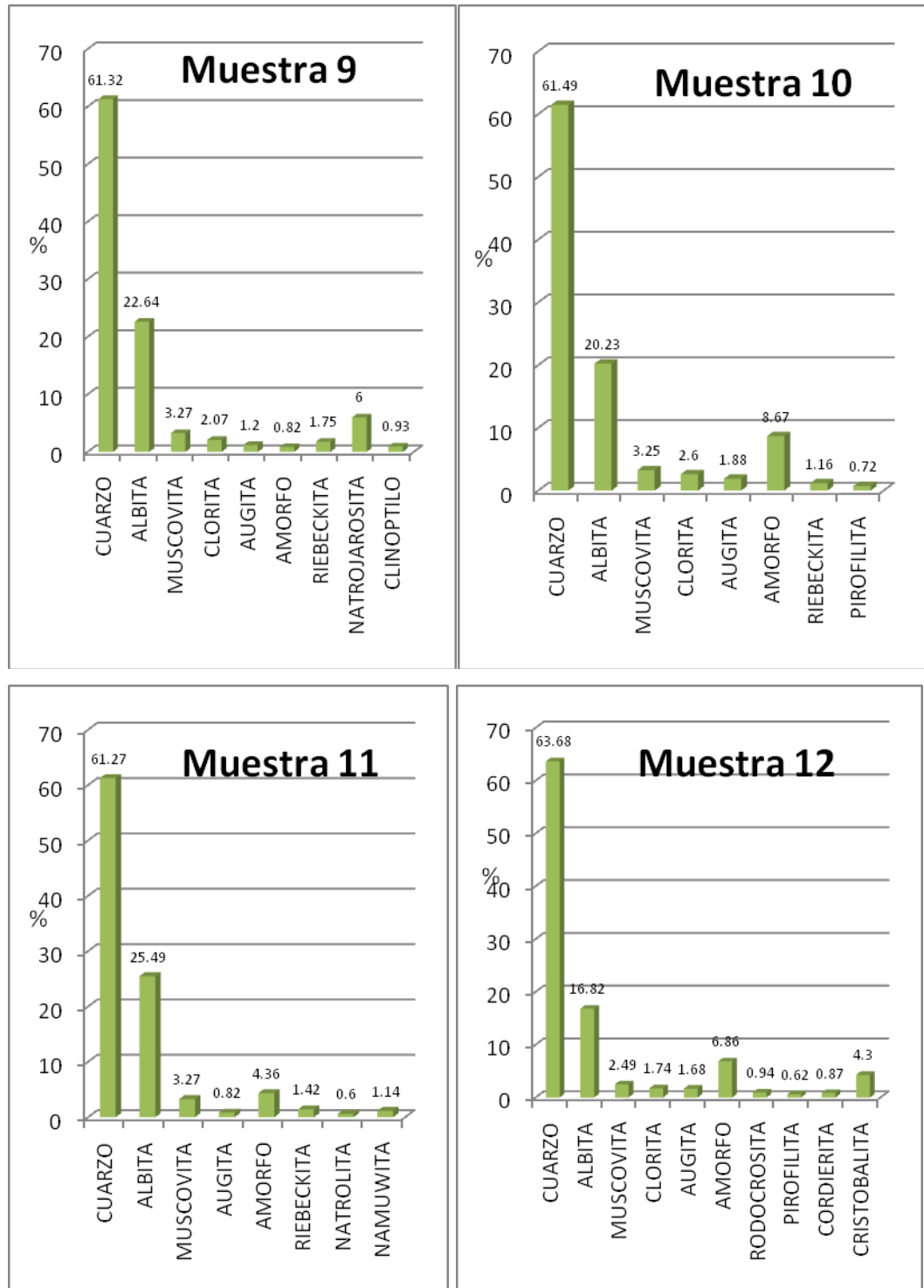


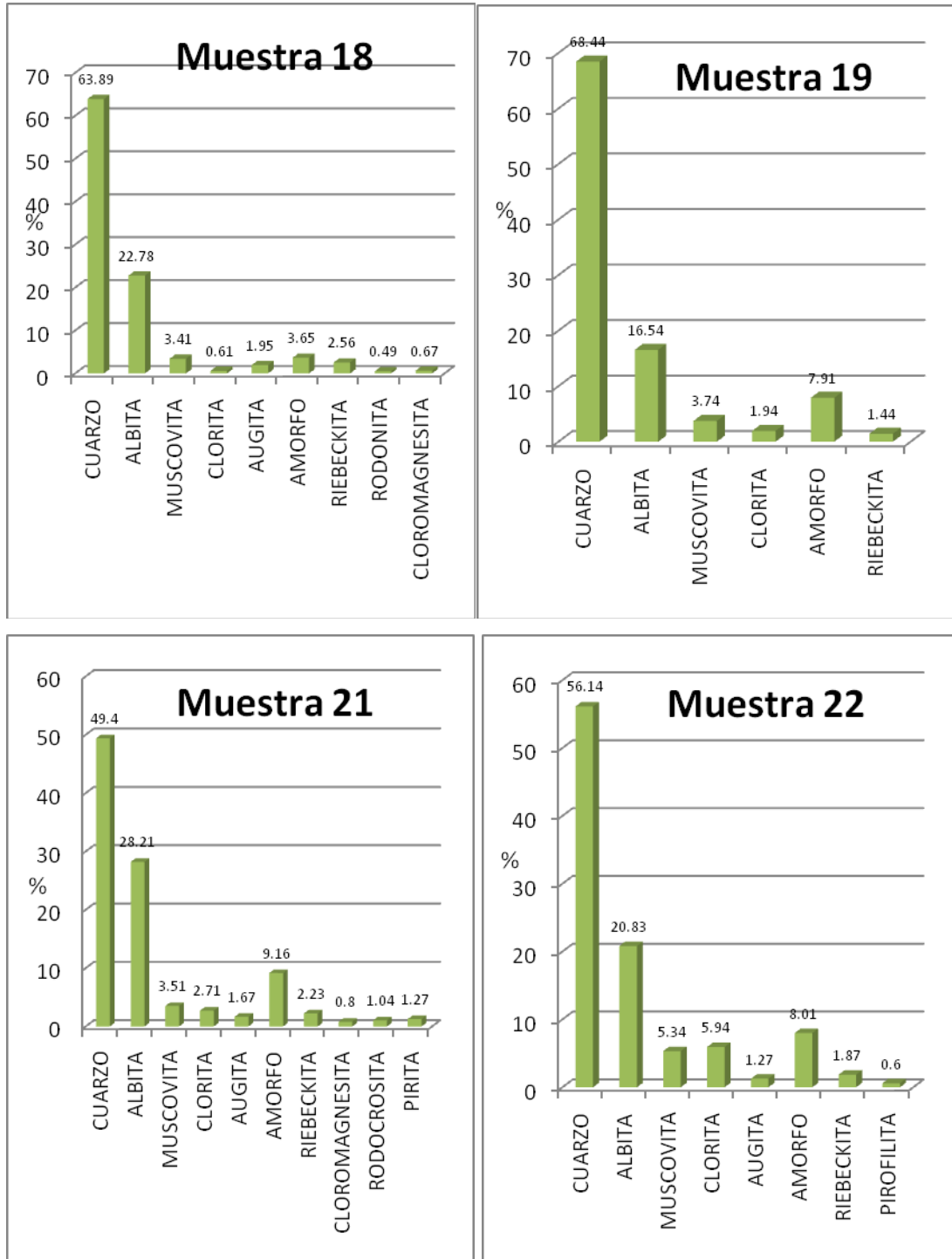
**ANEXO II ANÁLISIS MINERALÓGICO POR DIFRACCIÓN DE
RAYOS X DE LAS MUESTRAS DE SEDIMENTOS MARINOS.-ABUNDANCIA
RELATIVA DE LAS ESPECIES MINERALES EN CADA MUESTRA**

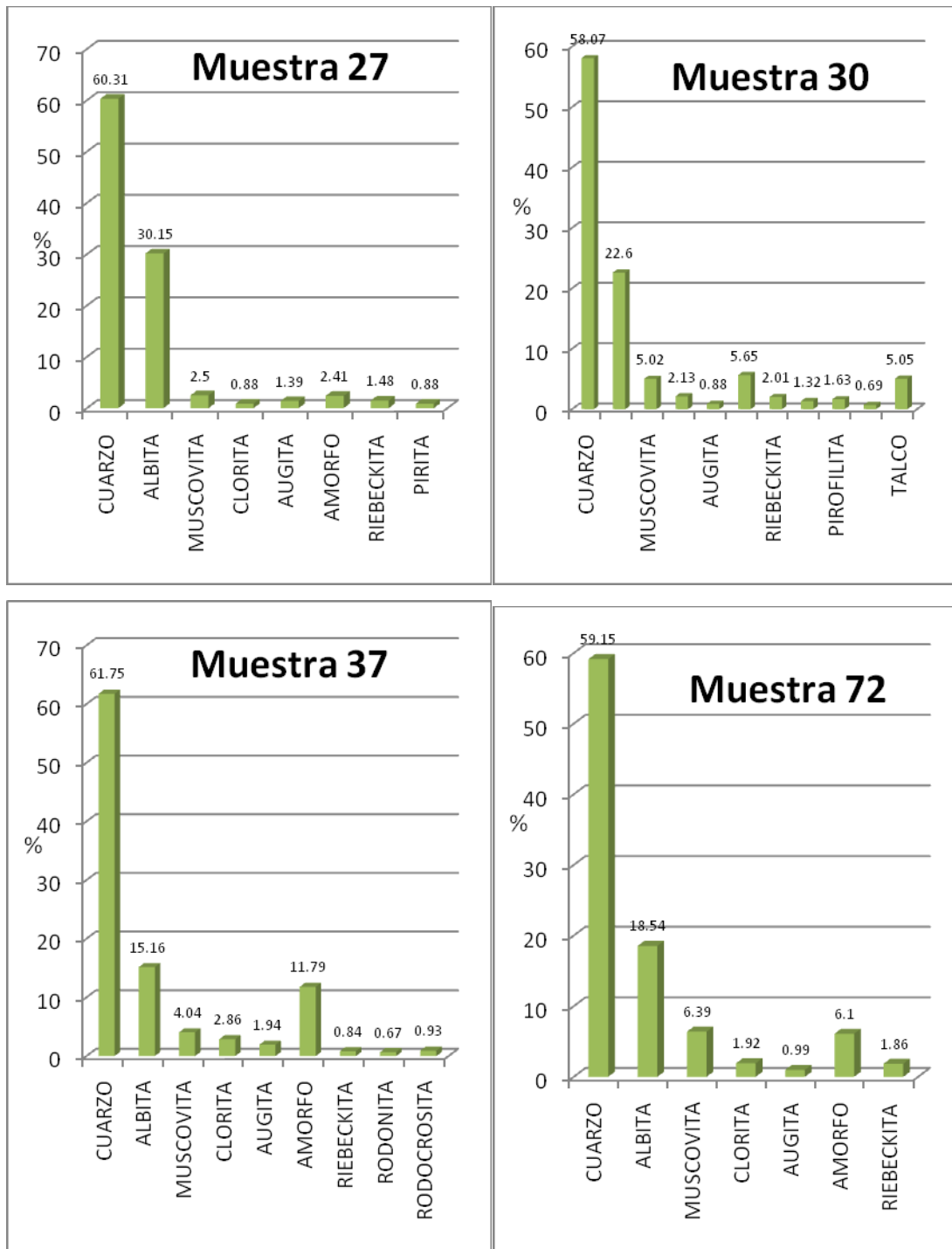
CUENCA SUBMARINA CHANCA Y



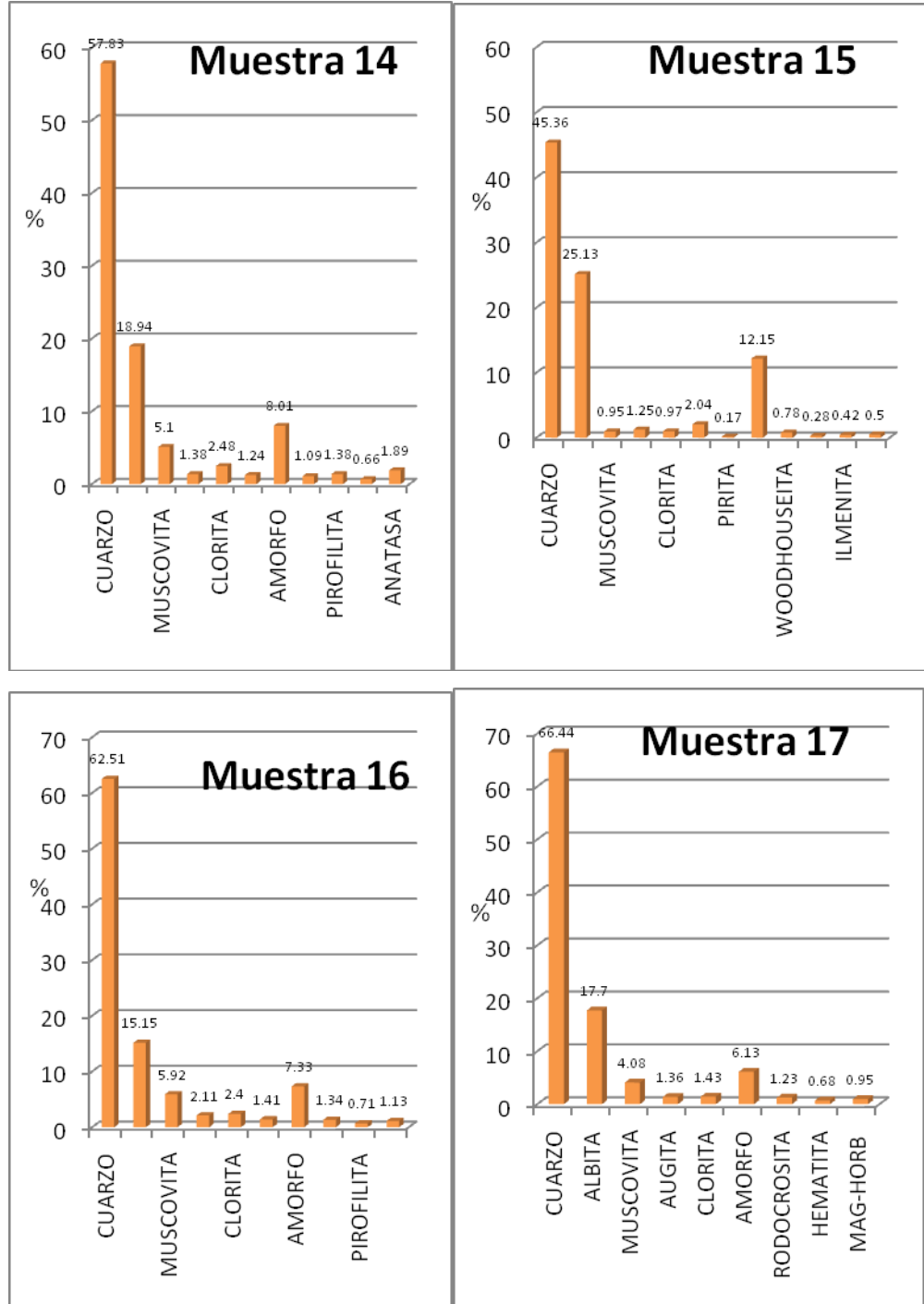




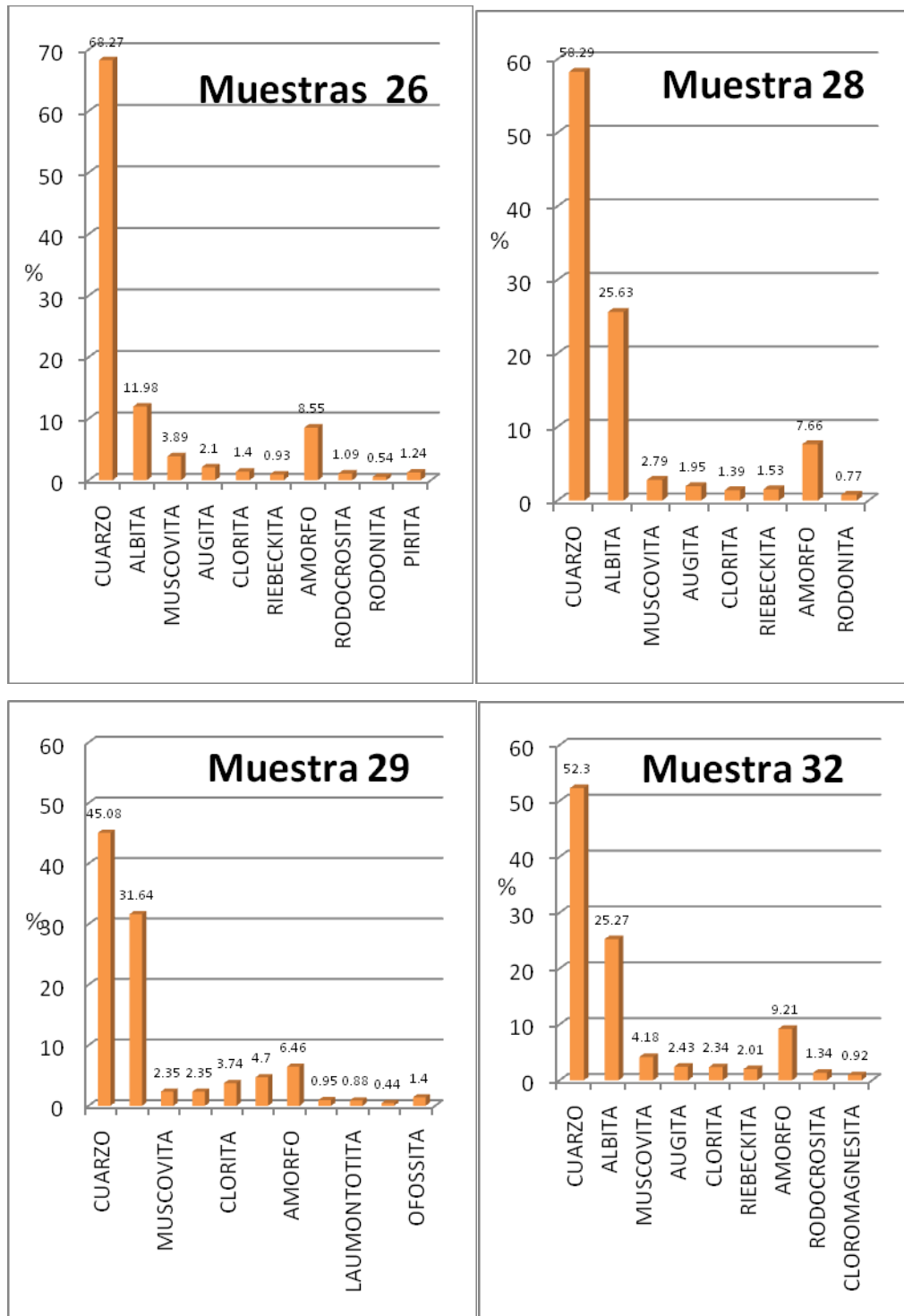


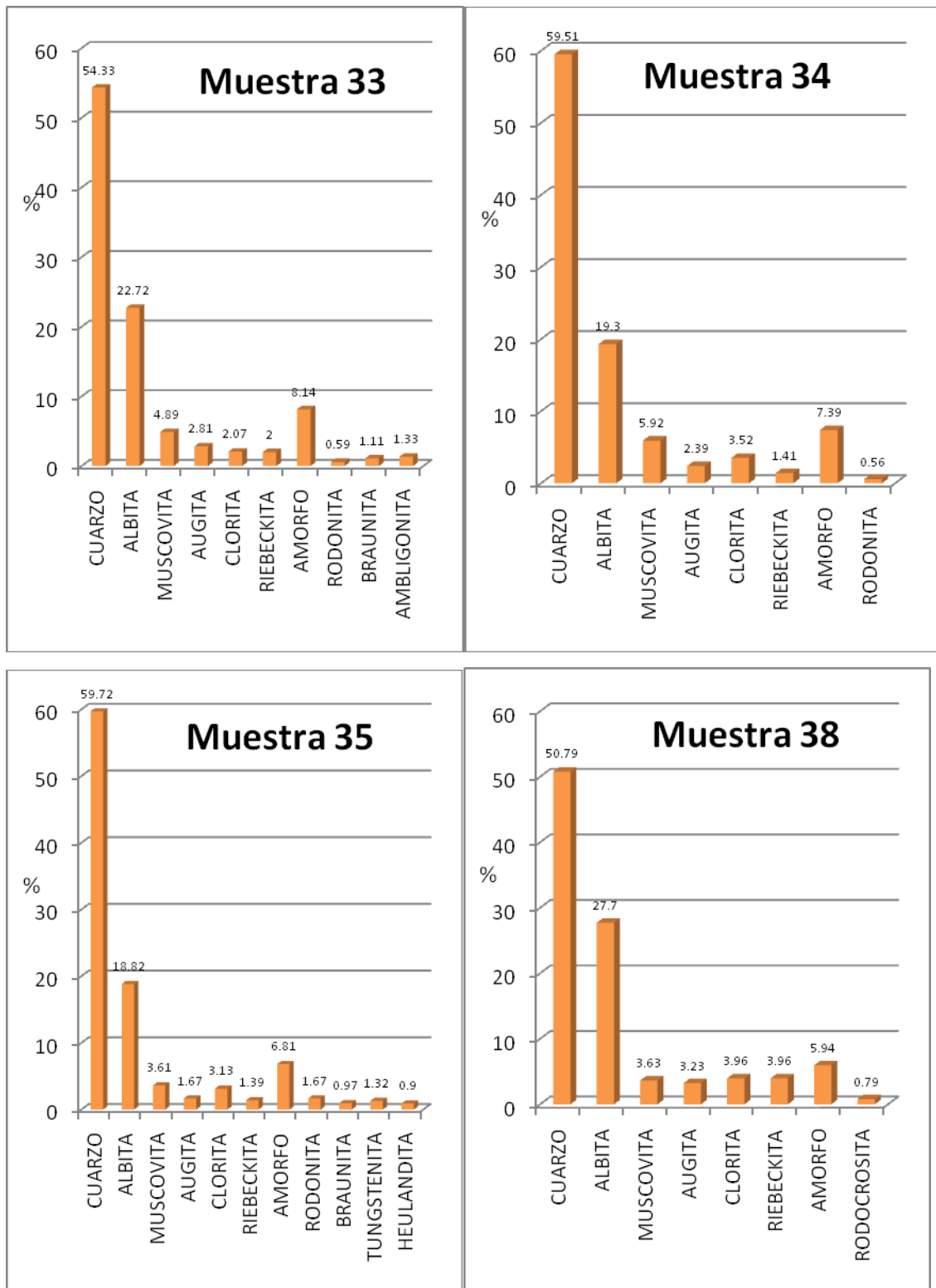


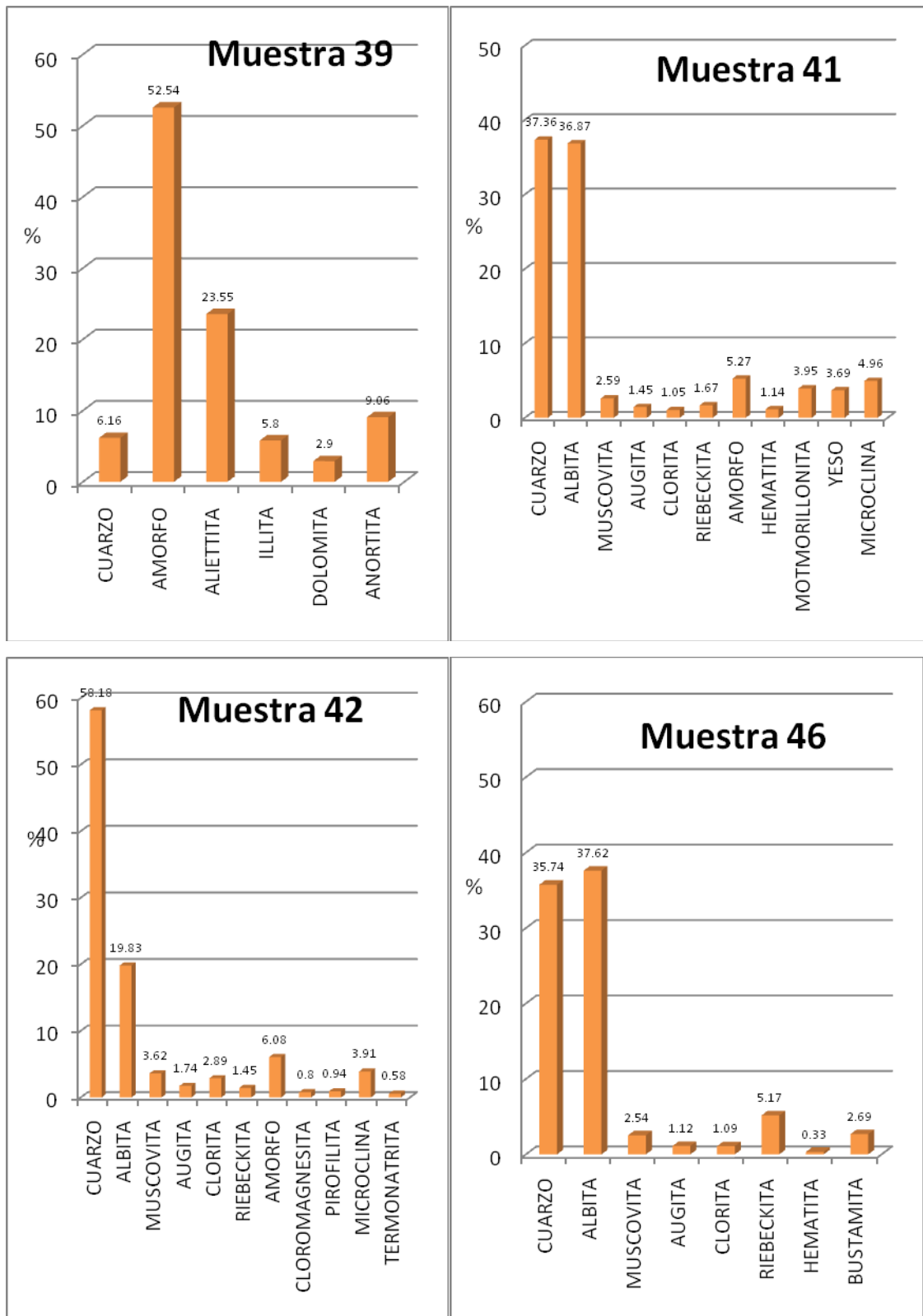
CUENCA SUBMARINA MALA

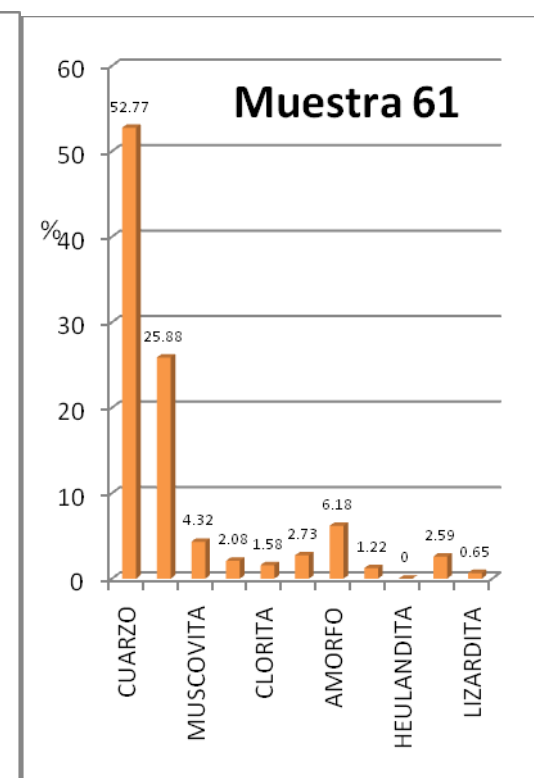
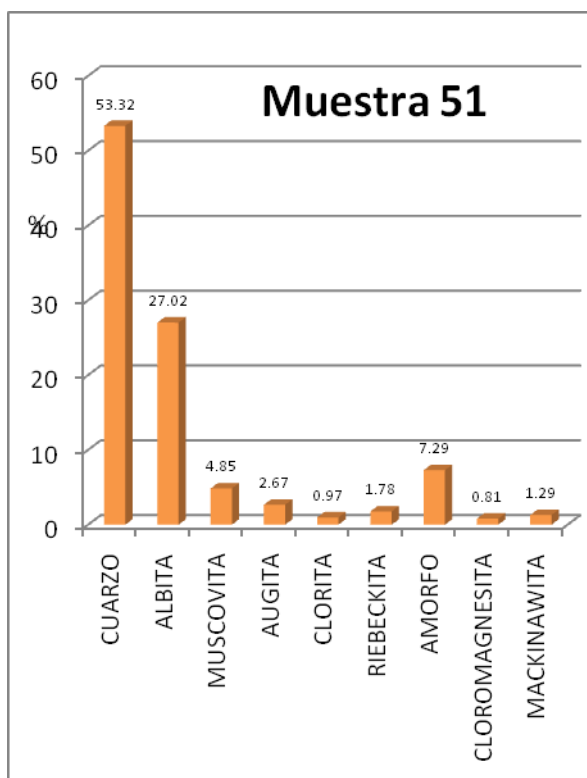
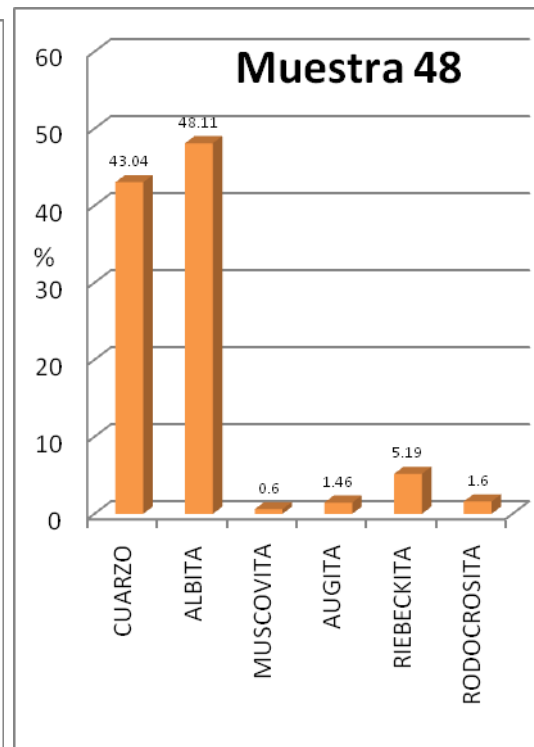
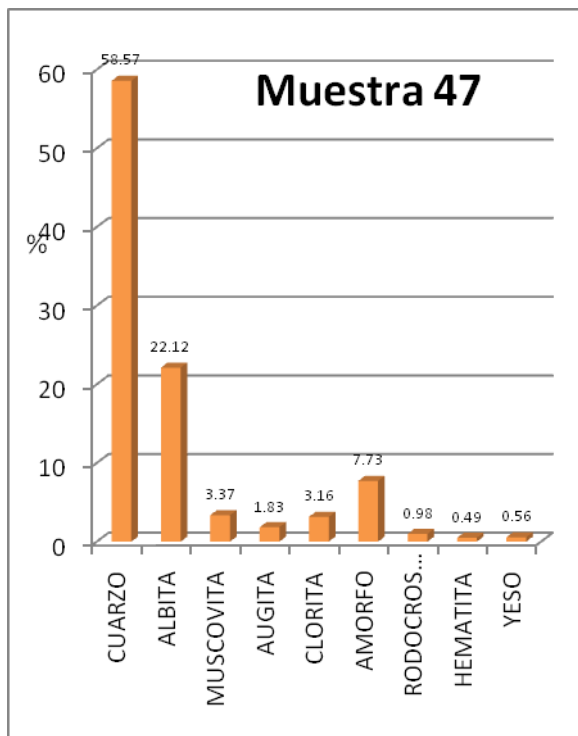


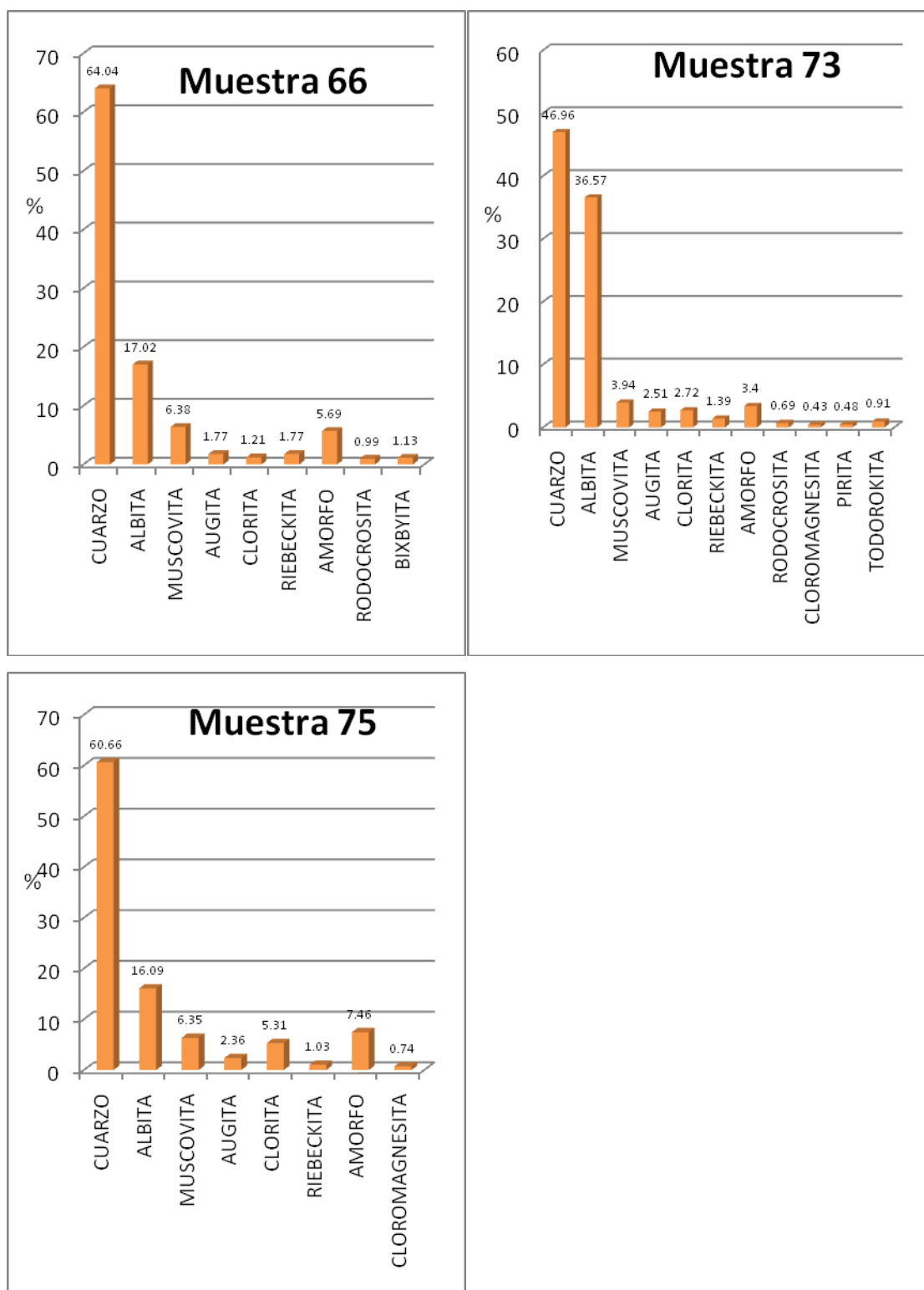












ANEXO III DITRIBUCIÓN DE ESPECIES MINERALES EN LAS CUENCAS SUBMARINAS CHANCAY Y MALA

MUESTRAS OBTENIDAS DENTRO DE LA CUENCA SUBMARINA MALA

MUESTRA	13	14	15	16	17	20	23	24	25	26	26	28	29	32	33	34	35	38	39	41	42	46	47	48	51	61	66	73	75
BARCO	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	HUMB	TAR II	HUMB	HUMB	HUMB	TAR II	TAR I	TAR I	TAR II	TAR II	TAR II	TAR II	TAR II
CRUCERO	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	8105	7805	8105	8105	8105	7708	7711	7711	7805	7805	7805	7708	7708
DIA	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	1	1	1	1	1	1	5	1	1	2	7	16	17	5	5	6	8	7
MES	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	8	11	11	5	5	5	8	8
AÑO	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1981	1978	1981	1981	1981	1977	1977	1977	1978	1978	1978	1977	1977
LAT	-12.36	-12.51	-12.52	-12.63	-12.78	-12.92	-13.1	-13.24	-13.25	-13.33	-13.33	-13.4	-13.39	-13.45	-13.57	-13.63	-13.66	-12.88	-13.77	-13.64	-13.73	-13.13	-13.72	-12.88	-13.52	-13.15	-12.43	-12.68	-13.71
LONG	-76.81	-77.14	-76.83	-77.02	-76.92	-76.84	-76.5	-76.75	-76.41	-76.57	-76.49	-76.57	-76.28	-76.42	-76.6	-76.67	-76.72	-76.62	-76.88	-76.49	-76.58	-76.45	-76.59	-76.8	-76.48	-76.5	-77.14	-76.72	-76.76
PROF	77	180	94	186	188	189	83	145	145	115	115	113	26	99	150	208	203	70	1018	113	182	27	-	143	110	110	140	45	274
PESO	48.66g	38.61g	158.56g	45.01g	47.34g	64.74g	68.72g	130.52g	69.32g	27.06g	27.06g	57.62g	142.41g	53.13g	54.43g	16.64g	20.23g	55.97g	478.90g	159.24g	9.64g	246.04g	104.01g	264.77g	28.78g	36.49g	67.79g	156.92g	122.79g
ESTACION	13	14	15	16	17	20	23	24	25	26	26	28	29	32	33	34	35	9	39	41	42	5	3	11	2	6	15	9	3
CUARZO	46.06	57.83	45.36	62.51	66.44	56.66	44.8	55.86	49.5	68.27	68.27	58.29	45.08	52.3	54.33	59.51	59.72	50.79	6.16	37.36	58.18	35.74	58.57	43.04	53.32	52.77	64.04	46.96	60.66
ALBITA	29.66	18.94	25.13	15.15	17.7	19.34	29.74	34.04	28.31	11.98	11.98	25.63	31.64	25.27	22.72	19.3	18.82	27.7	-	36.87	19.83	37.62	22.12	48.11	27.02	25.88	17.02	36.57	16.09
MUSCOVITA	3.28	5.1	0.95	5.92	4.08	5.06	4.96	0.65	4.28	3.89	3.89	2.79	2.35	4.18	4.89	5.92	3.61	3.63	-	2.59	3.62	2.54	3.37	0.6	4.85	4.32	6.38	3.94	6.35
AUGITA	2.65	1.38	1.25	2.11	1.36	0.73	2.11	1.81	3.06	2.1	2.1	1.95	2.35	2.43	2.81	2.39	1.67	3.23	-	1.45	1.74	1.12	1.83	1.46	2.67	2.08	1.77	2.51	2.36
CLORITA	2.81	2.48	0.97	2.4	1.43	1.91	3.1	0.46	2.68	1.4	1.4	1.39	3.74	2.34	2.07	3.52	3.13	3.96	-	1.05	2.89	1.09	3.16	-	0.97	1.58	1.21	2.72	5.31